

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

факультет інформатики та обчислювальної техніки
(повна назва інституту/факультету)

кафедра автоматика та управління в технічних системах
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 004.93

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
О. І. Ролік
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 126 «Інформаційні системи та технології»
(код і назва спеціальності)

на тему: Система розпізнавання зброї для камер відеоспостереження на основі методів комп'ютерного зору

Виконав : студент 6 курсу, групи ІА-73мп
(шифр групи)

Лісовий Владислав Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н. Дорогий Я.Ю.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

АНОТАЦІЯ

В даній роботі 92 сторінки текстової інформації, 25 рисунків та 42 таблиці.

Актуальність даної роботи полягає в наявності проблеми перевантаження операторів систем відеонагляду, оскільки кількість переглядів камери, яке може контролювати один оператор, обмежена людськими факторами. Рішенням проблеми перевантаження оператора є застосування автоматизованих алгоритмів розпізнавання зображень, які попереджають людину про наявність потенційно небезпечної ситуації.

Метою магістерської дисертації є зменшення ймовірності небезпеки за рахунок збільшення точності розпізнавання зброї для систем відеоспостереження на об'єктах, що знаходяться під охороною.

Об'єктом є системи розпізнавання зброї.

Предметом є алгоритми, що використовуються в системах розпізнавання зброї, а також їх параметри.

Ключові слова: системи відеоспостереження, методи розпізнавання, методи комп'ютерного бачення, ковзаюче вікно, дескриптори MPEG-7, нейрона мережа.

The relevance of this work lies in the problem of operators' overloading of video surveillance systems, since the number of camera views that one operator can control is limited by human factors. The solution to the problem of operator overload is the use of automated image recognition algorithms that warn people about the presence of a potentially dangerous situation.

The aim of this work is reduce the probability of danger situation by increasing the accuracy of weapon recognition for video surveillance systems.

The subject of this work are weapons recognition systems.

The object if this work is the algorithms used in weapons recognition systems, as well as their parameters.

Keywords: video surveillance systems, recognition methods, computer vision methods, sliding window, MPEG-7 descriptors, neural network.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	8
1.1 Комп'ютерний зір та обробка зображень	8
1.2 Огляд та аналіз існуючих рішень	22
2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ	30
2.1 Формування вимог до системи	30
2.2 Алгоритм розпізнавання ножів.....	32
2.3 Алгоритм розпізнавання пістолетів	42
3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ.....	48
3.1 Структурна схема системи	48
3.2 Функціональна схема системи.....	49
3.3 Сценарії використання системи.....	50
3.4 Діаграма послідовності.....	65
3.5 Діаграма розгортання системи.....	65
3.6 Вибір та обґрунтування елементів та технологій	66
4 ОЦІНКА ЯКОСТІ МОДЕЛІ.....	69
4.1 Експериментальні дослідження алгоритму розпізнавання ножів.....	69
4.2 Результати дослідження алгоритму розпізнавання ножів	70
4.3 Експериментальні дослідження алгоритму розпізнавання пістолетів	72
4.4 Результати дослідження алгоритму розпізнавання пістолетів.....	73
5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	75
5.1 Опис ідеї проекту	75
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту	76
5.3 Аналіз ринкових можливостей стартап проекту	77
5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	84
5.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту	87
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91

ДОДАТОК А	96
ДОДАТОК Б.....	97
ДОДАТОК В	98
ДОДАТОК Г.....	99
ДОДАТОК Д	100
ДОДАТОК Е	101
ДОДАТОК Ж	102
ДОДАТОК К	103
ДОДАТОК Л	104

ВСТУП

В останні роки можна спостерігати збільшення числа інцидентів з використанням зброї в громадських місцях. Починаючи з США, а потім в Європі, мала місце велика кількість небезпечних ситуацій, коли озброєний чоловік або невелика група осіб атакує випадкову групу жертв з метою поранення і вбивства. Найбільш помітними були інциденти в середній школі Колумбіні (США, 37 жертв) [1], напад на острів Уотія Андреасом Брейвіком (Норвегія, 179 жертв) [2], атака на готельне пляж в передмісті Сус (Туніс, 40 жертв) [3], напад ісламських фундаменталістів на газету Чарлі Хебда (Франція, 23 жертви) [4], розстріл в університеті Гаріса (Кенія, 147 жертв) [5]. В усіх цих інцидентах використовувалося як вогнепальна, та і холодна зброя. За офіційною статистикою, кількість жертв, які постраждали від вогнепальної зброї в США за 2017 рік становить близько 10126 осіб [6], від холодної зброї – 1591 осіб [6], кількість інцидентів масової стрільби за 2018 рік становить 324 випадки [7]. Така невтішна статистика стосується не тільки США: середній рівень вбивств з використанням зброї в Європі становить 2.89 станом на 100 000 осіб 2017 рік. Рівень вбивств в Україні складає 6.38 людини на 100 000 осіб, що вважається доволі високим [8].

Такий ріст злочинності призвів до того, що в останні роки поліція та підприємці почали виділяти кошти на розробку комп'ютеризованих системи для запобігання правопорушень. Такі системи представляють собою комплекси, що поєднують різноманітні апаратні та програмні засоби і засоби комунікації між ними для виявлення та запобігання небезпечних ситуацій. Одним з ключових елементів таких комплексів є системи відеоспостереження. Такі системи встановлюються в різноманітних громадських місцях, таких як магазини, системи громадського транспорту, таксі, школи та фінансові заклади. Це допомагає суспільству відчувати себе більш захищеним.

Але системи відеоспостереження зазвичай не є автоматичними і за виявлення небезпечної ситуації несе відповідальність людина-оператор. При цьому з кожним роком кількість камер, які використовуються в відеоспостереженні, постійно росте.

Наприклад, на території Лондона на даний час діють 1,85-4,2 мільйона камер відеоспостереження (в залежності від дослідження) [9]. Це створює величезне навантаження для операторів, оскільки кількість переглядів камери, яке може контролювати один оператор, обмежена людськими факторами. Згідно [10] концентрація оператора щодо моніторингу стану території, що знаходиться під наглядом, становить 83%, 84% та 64% вже після однієї години роботи для 4, 9 та 16 зображень з камер одночасно.

Зважаючи на такий стан виникла необхідність в розробці автоматизованих алгоритмів для спостереження та розпізнавання. Основною цілю таких розробок є повідомлення людини про наявність небезпечних ситуацій. В даному випадку небезпечною ситуацією буде вважатися озброєна особа або група осіб, яка атакує або намагається залякати інших людей. В якості зброї може виступати як холодна (ножі), так і вогнепальна (пістолети).

Концепція алгоритмів автоматизованого спостереження та розпізнавання небезпечних ситуацій стає можливою при використанні алгоритмів виявлення об'єктів, що вивчаються в області комп'ютерного зору та обробці зображень, що надходять з камер. Використання методі виявлення об'єктів в програмному забезпеченні, що займається обробкою відеоданих, почало свій розвиток відносно недавно і знайшло застосування в інтелектуальних транспортних системах [11]. При цьому кількість наявних алгоритмів для розпізнавання зброї для камер відеонагляду дуже мала.

Основними проблемами при використанні алгоритмів для розпізнавання зброї є забезпечення необхідної надійності, що виражається в збільшенні точності розпізнавання та мінімізації кількості помилкових тривог. Також можна виділити таку проблему як забезпечення швидкості роботи самої системи – оскільки система працює в реальному часі з неперервним відео, необхідно, щоб обробка зображення та виявлення відбувалися без затримки самого відеопотоку.

Зважаючи на ці фактори, розробка системи для розпізнавання зброї для камер відеоспостереження є доцільною, оскільки це зможе в певній мірі зменшити

кількість нападів зі зброєю та напрацювання в цьому напрямку можна буде використовувати в області комп'ютерного зору.

Метою магістерської дисертації є зменшення ймовірності небезпеки за рахунок збільшення точності розпізнавання зброї для систем відеоспостереження на об'єктах, що знаходяться під охороною.

Основними задачами є:

- проаналізувати існуючі методи обробки зображень;
- проаналізувати існуючі методи комп'ютерного бачення та розпізнавання образів;
- визначити переваги та недоліки кожного з запропонованих методів, провести аналіз їх точності, складності реалізації;
- розробити алгоритм, який на основі методів комп'ютерного зору проводить розпізнавання зброї на зображенні;
- розробити модель системи розпізнавання зброї на основі розробленого алгоритму;
- дослідити параметри моделі та порівняти їх з параметрами вже реалізованих систем;
- представити результати у вигляді стартап проекту.

Об'єктом магістерської дисертації є системи розпізнавання зброї.

Предметом є алгоритми, що використовуються в системах розпізнавання зброї, а також їх параметри.

Основним здобутком магістерській дисертації є розроблений алгоритм розпізнавання зброї, який можна застосовувати для відео низької роздільної здатності. Точність даного алгоритму становить 85%, що більше ніж в роботах [10] та [11]. Такий результат був досягнутий за рахунок використання техніки ковзаючого вікна, методу головних компонент, дескрипторів стандарту MPEG-7 та SVM класифікації.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

Для розпізнавання зброї на даний момент розроблено невелика кількість алгоритмів, які в більшості базуються на методах комп'ютерного зору. В даному розділі приводиться опис основних методів обробки зображень, які використовуються для розпізнавання образів, а також аналіз рішень, що присутні на даний момент та описані в різних джерелах.

1.1 Комп'ютерний зір та обробка зображень

Комп'ютерний зір ґрунтується на уявленні про фізичний процесі формування зображення, отриманні простих висновків на основі вивчення набору пікселів, умінні підсумувати інформацію, отриману з множини зображень, впорядкування груп пікселів з метою отримання інформації про форму та розпізнаванні об'єктів за допомогою геометричної інформації або імовірнісних методів [12].

Системи, що базуються на технології комп'ютерного зору, загалом мають три основні компоненти: пристрій фіксації зображення (камера, сканер, картинка в пам'яті комп'ютера), пристрій введення зображення (при необхідності) та комп'ютер зі спеціалізованим програмним забезпеченням. Перші два компоненти призначені для вирішення завдань технічного зору. Головною компонентою машинного (комп'ютерного) зору є остання складова, тобто програмне забезпечення, і воно виконує основне завдання обробки цифрової інформації.

При отриманні зображення в першу чергу проводиться його обробка. Вибір методу обробки зображення, який отримали за допомогою технічних засобів, визначається виходячи з характеру даного зображення, виду об'єктів на ньому і необхідної задачі, яку потрібно вирішити. Таких методів на даний момент існує доволі багато. Всі їх можна умовно класифікувати на загальні методи розпізнавання і обробки зображення (низького рівня) та методи середнього і високого рівня комп'ютерного зору.

Прикладами низького рівня обробки зображення можна вважати зменшення шуму, що представлено на рисунку 1.1.

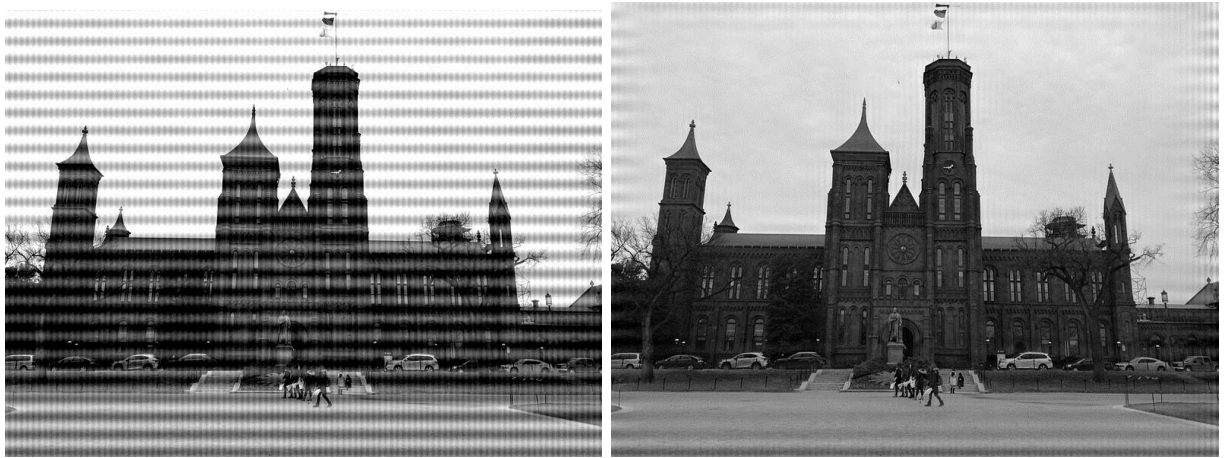


Рисунок 1.1 – Приклад зображення з шумом та без нього

Основними методами для обробки зображення з наявним шумом вважають фільтрацію гаусового шуму [13]. Гаусів шум є найбільш простим з математичної точки зору. Спектральні складові цього типу шуму рівномірно розподілені по всьому діапазону задіяних частот. Прикладами білого шуму є шум водоспаду або ефірні перешкоди. У природі і техніці «чисто» білий шум (тобто білий шум, який має однакову спектральну потужність на всіх частотах) не зустрічається (з огляду на те, що такий сигнал мав би нескінченну потужність), проте під категорію білих шумів потрапляють будь-які шуми, спектральна щільність яких однакова (або слабо відрізняється) в розглянутому діапазоні частот. Функція щільності розподілу гаусового шуму випадкової величини z має вигляд:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(z-\mu)^2}{2\sigma^2}},$$

де z – значення яскравості зображення, μ – середнє значення випадкової величини z , σ – її середньоквадратичне відхилення.

Також для обробки використовують різноманітні фільтри. На даний час найбільш популярним є фільтри на основі вейвлет-перетворення [14]. Оскільки

зображення є дискретним сигналом, то для його обробки можна використовувати фільтри, засновані на частотному поділі на дискретній області. Такі фільтри також називають фільтрами вейвлет-перетворення. Для видалення шумів з допомогою вейвлетів відбувається в декілька етапів:

- розкладання сигналу по базису вейвлетів;
- вибір порогового значення шуму для кожного з рівнів розкладання;
- порогова фільтрація коефіцієнтів деталізації;
- реконструкція сигналу.

З статистичної точки зору така методика відображає непараметричну оцінку моделі сигналу на основі використання ортогонального базису. Дана методика показує гарні результати на досить гладких сигналах, тобто на сигналах, в розкладанні яких лише невелика кількість коефіцієнтів деталізації значно відрізняється від нуля. Вибір вейвлета та складності розкладання залежить від власне зображення, яке необхідно обробити. Значення порогу шуму зазвичай вибирають як мінімізуючи квадратичну функцію втрат при даній моделі самого шуму.

Також до низького рівня обробки зображень відносять збільшення чіткості зображення (рисунок 1.2), коректування балансу кольорів (рисунок 1.3) тощо.



Рисунок 1.2 – Приклад зображення з відсутністю різкості та з наявною різкістю



Рисунок 1.3 – Приклад зображення без балансу кольорів та з наявним балансом кольорів

Результатом обробки зображення на низькому рівні є покращене зображення. До середнього рівня обробки відносять:

- сегментацію;
- опис об'єкта;
- стиснення об'єктів в зручну форму для комп'ютерної обробки;
- класифікацію об'єкта.

Методи сегментації можна розділити на наступні групи:

- морфологічні методи – застосовуються для роботи з двійковим (чорно-білим) зображенням, дозволяють виділяти компоненти, які в подальшому використовуються для представлення форми шуканого об'єкту;
 - порогові методи – вважаються найпростішими методи і представлені двома типами: методом с оптимальним порогом та методом з адаптивним порог;
 - методи нарощування областей – алгоритми, які рекурсивно виконують об'єднання пік селів в певні області за визначеними критеріями, приклад – метод водорозділів;
 - текстурні методи – застосовують аналіз дифузних властивостей поверхні, таких як її колір, здатність відображення об'єкта, та представлені складними операторами, які зводять процес розпізнавання поверхні до задачі виявлення відмінностей рівнів яскравості.

Морфологічні методи при роботі використовує так операції:

- NOT (логічне НЕ);
- AND (логічне І);
- OR (логічне АБО);
- XOR (логічне виключне АБО).

Приклади таких процедур представлені на рисунку 1.4.

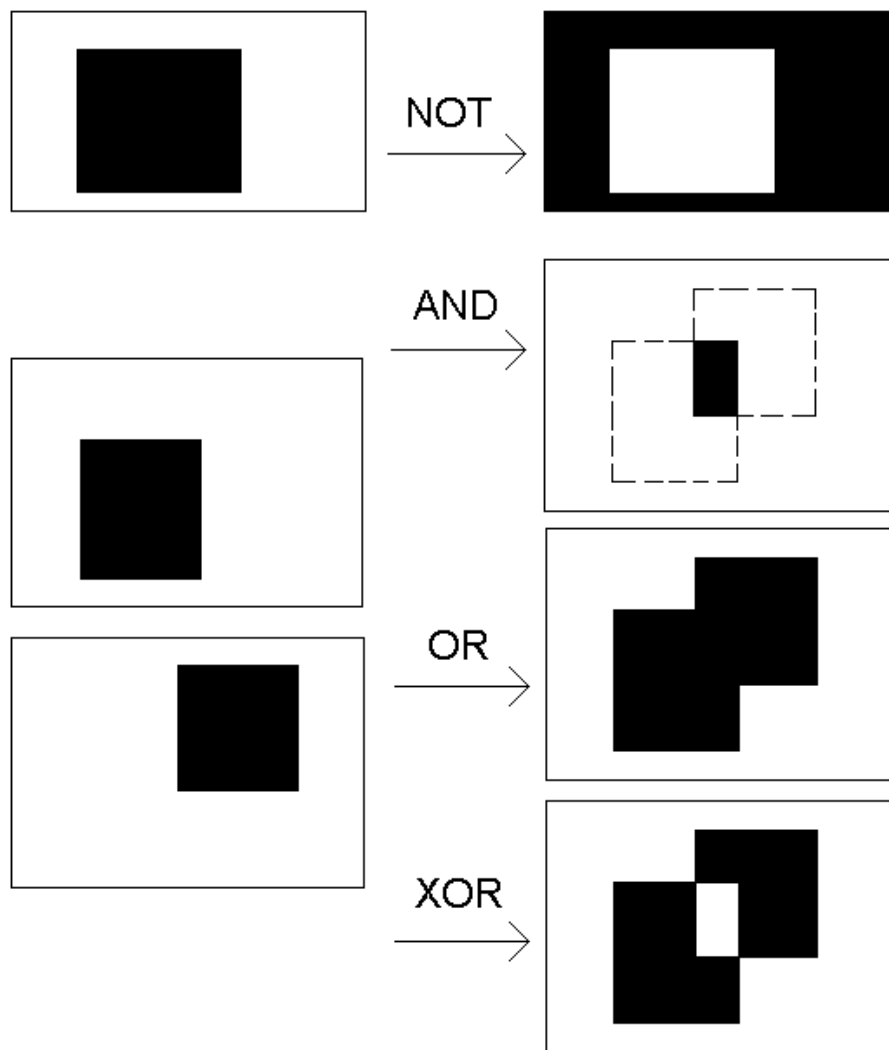


Рисунок 1.4 – Приклади морфологічних операцій на пікселях зображення

Пороговий метод с глобальним порогом вважають найпростішим. Після вибору глобального порога, відбувається поелементна перевірка всього зображення. Процедура передбачає поділ зображення на дві області: перша відноситься до об'єкту, друга - до фону. Успішного застосування даного методу можна очікувати тільки в умовах контрольованого освітлення. Сам глобальний поріг вибирається з гістограми, представленої на рисунку 1.5.

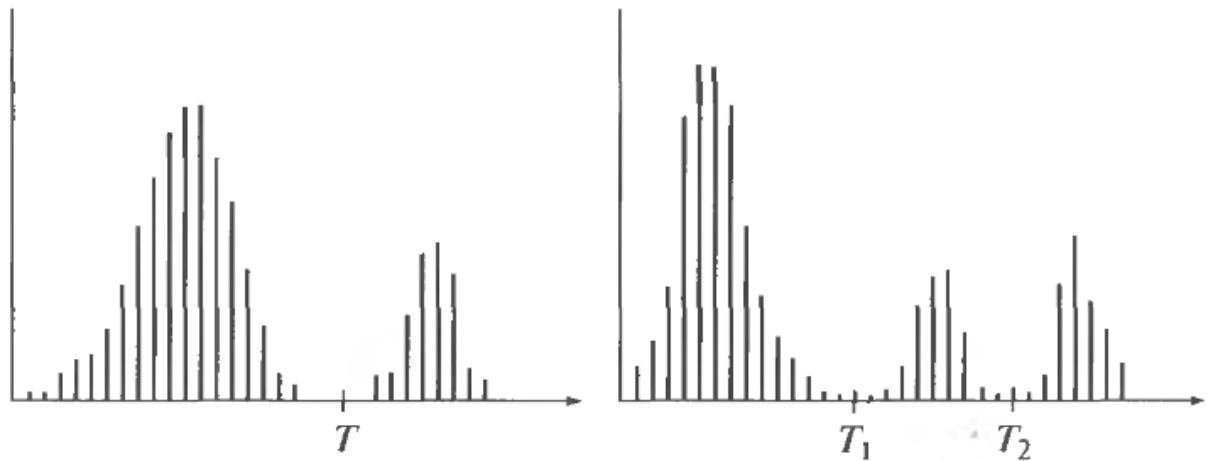


Рисунок 1.5 – Приклад гістограм з можливістю розподілу одиничним порогом T та множиною порогів $T_1 T_2$

Для зображень, в яких освітленість нерівномірна, можна використовувати пороговий метод з адаптивним порогом. Даний метод розбиває зображення на області і розраховує поріг для кожної області. Оскільки поріг залежить від характеристик кожної області, тому його називають адаптивним.

Як критерій розбиття на області зручно використовувати поняття дисперсії освітлення. Тобто зображення розбивається на області, освітленість яких приблизно однакова. Дисперсія обчислюється як:

$$\sigma^2(z) = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^2 p(z_i),$$

де z – величина, що відповідає яскравості елементів зображення, $p(z_i)$, $i = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ – гістограма яскравості, L – число різноманітних рівнів яскравості. Приклад обробки зображення пороговими методами відображений на рисунку 1.6.

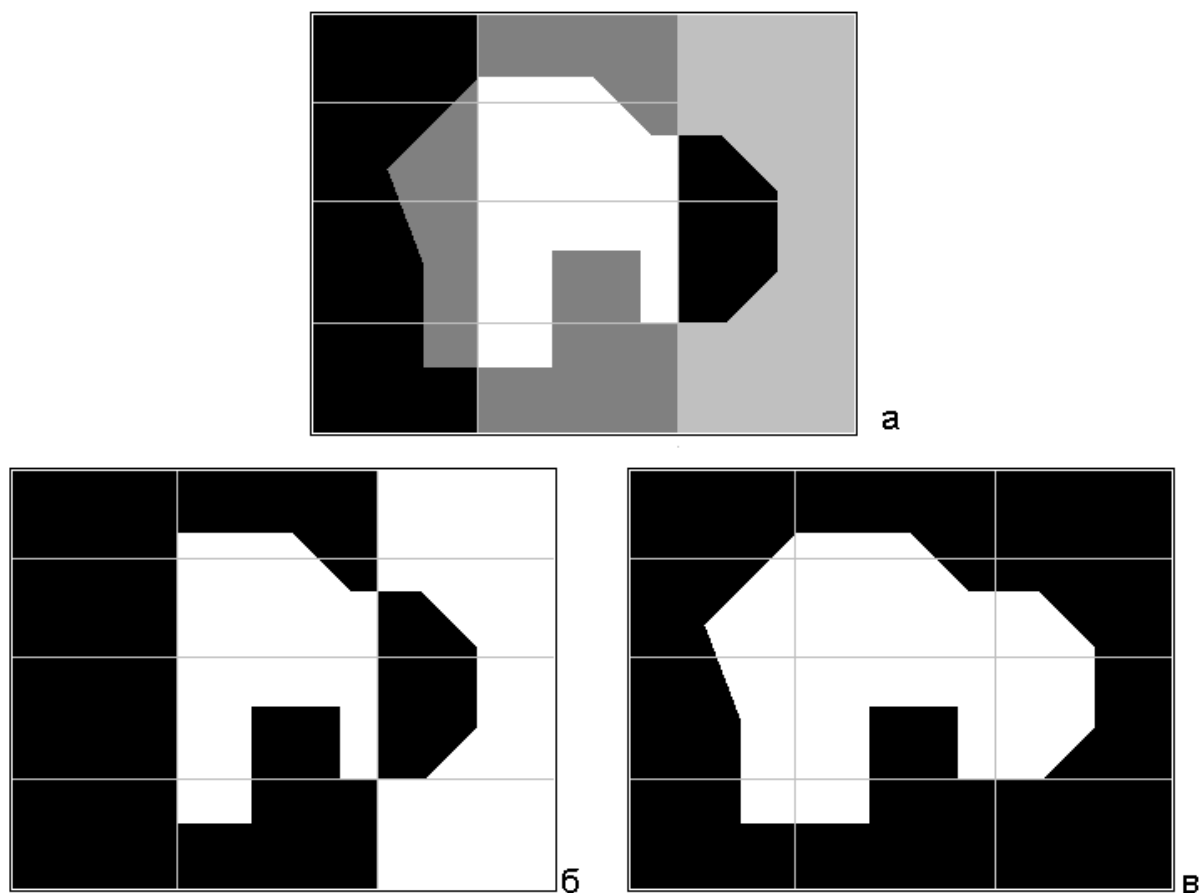


Рисунок 1.6 – Приклад обробки зображення глобальним (б) та адаптивним (в) пороговими методами

Метод водорозділів включає в себе:

- виявлення та виключання розривів;
- порогова обробка;
- обробка областей.

Завдяки цьому метод водорозділів дозволяє отримати доволі стабільну сегментацію.

Поняття водорозділу базується на представленні зображення як тривимірної поверхні, де в якості висоти використовується рівень яскравості пікселя. У цьому випадку на поверхні можна виявити три типи точок:

- точки локального мінімуму;
- точки, що знаходяться на схилі, з яких вода зливається до центру водойми;

- точки, що знаходяться на гребені хвилі.

Лінії, утворені точками-гребенями, являють собою лінії водорозділів.

Основним завданням даного методу є саме пошук ліній водорозділів.

Алгоритм можна описати наступним чином:

- в місці локального мінімуму формуються дірки, через які вода починає заповнювати тривимірну поверхню;
- якщо вода з двох сторін гребеня готова об'єднатися в одну водойму, встановлюється перешкода;
- коли над водою залишаються тільки перешкоди, алгоритм зупиняє свою роботу.

Приклад поетапної роботи алгоритму представлений на рисунку 1.7.

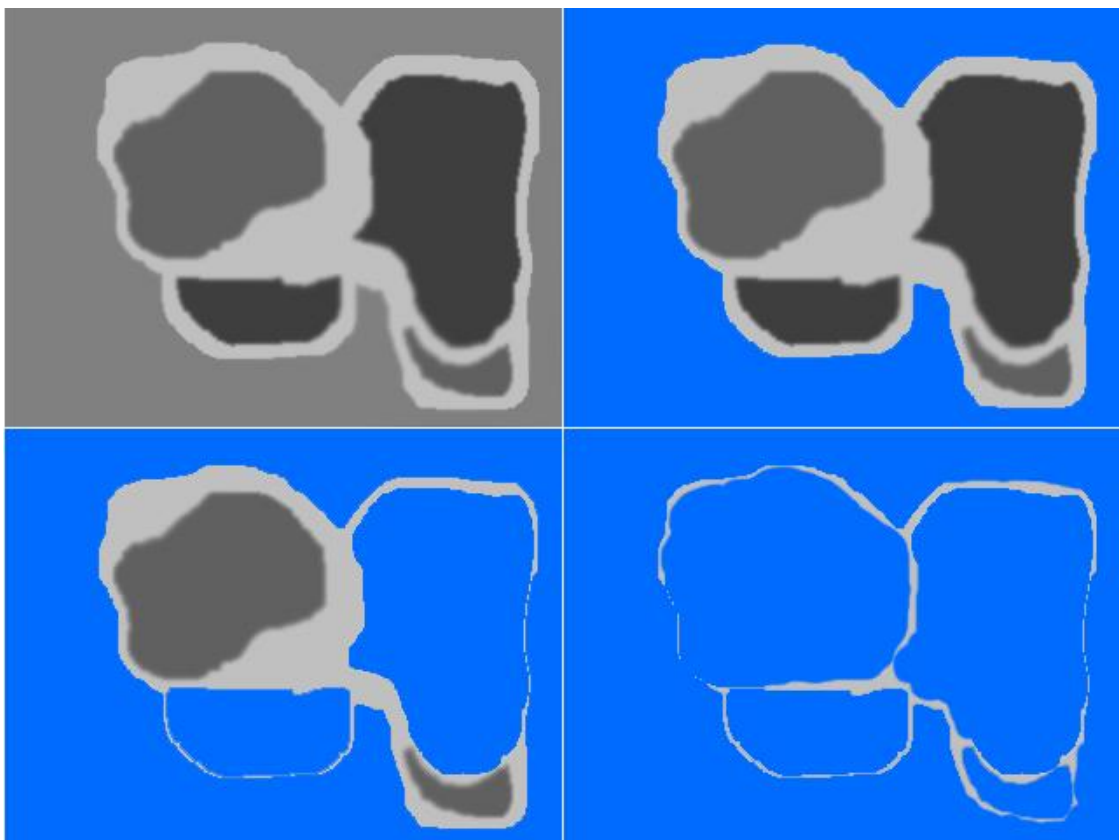


Рисунок 1.7 – Приклад роботи алгоритму

Текстурні методи використовуються тільки чотири фундаментальних текстурних операторів: середнього значення, дисперсії, орієнтації, масштабу. Власне

самі текстурні метод працюють за ієрархічним принципом. Одним з найпростіших підходів для опису текстури є використання статистичних характеристик, які визначаються за гістограмою яскравості всіх областей зображення. Значення яскравості визначається як дисперсія:

$$\sigma^2(z) = \sum_{i=0}^{L=1} (z_i - m)^2 p(z_i).$$

Але для самої текстури необхідно визначити таку характеристику, як однорідність, яку математично можна описати як

$$U = \sum_{i=0}^{L=1} p^2(z_i),$$

та середню ентропію

$$e = \sum_{i=0}^{L=1} p(z_i) \log_2 p(z_i).$$

Максимум значення $U = 1$ досягається для областей зображення, які представляють собою одну текстуру.

Після обробки зображення методами середнього рівня з картинок можна визначити її ознаки та атрибути. Ознаки і атрибути, які найчастіше виділяють на зображенні:

- гістограму орієнтованих градієнтів;
- оптичний потік;
- невідповідність точок між двома точками різних картинок;
- границі у вигляді ліній та кутів.

Основною ідеєю алгоритму гістограми орієнтованих градієнтів є припущення, що зовнішній вигляд і форма об'єкта на ділянці зображення може бути описана розподілом градієнтів інтенсивності яскравості або напрямком країв [15].

Першим кроком обчислень є розрахунок значення градієнтів за допомогою використання одновимірної диференційної маски в горизонтальному або вертикальному напрямках. В якості маски використовується оператор Собеля. Далі відбувається розрахунок гістограми комірок. Кожен піксель в комірці отримує вагу на основі каналів гістограми напрямлень. Комірки можуть бути прямокутної або круглої форми, канали гістограми розподіляються від 0 до 180 або від 0 до 360 градусів, в залежності від типу градієнта. Далі комірки групуються в більш зв'язні блоки для того, щоб приймати до уваги яскравість та контрастність градієнти. Групування відбувається за рахунок прямокутних R-HOG та круглих C-HOG геометричних блоків. Блоки R-HOG зазвичай є квадратними сітками, що характеризуються трьома параметрами: кількістю комірок на блок, кількістю пікселів на комірку і кількістю каналів на гістограму комірок. Блоки C-HOG мають 2 різновиди: з цільною центральною коміркою і розділеною на сектори. Ці блоки можуть бути описані 4 параметрами: кількість секторів і кілець, радіус центрального кільця і коефіцієнт розширення для радіусів інших кілець. Далі відбувається нормалізація блоків. Нормалізація відбувається за формулою:

$$f = \frac{v}{\sqrt{\|v\|_2^2 + e^2}},$$

де v – ненормований вектор, який складається з гістограм всього блоку. Кінцевим кроком є класифікація дескрипторів за допомогою системи навчання з учителем за допомогою методу опорних векторів. Приклад обробки зображення за допомогою гістограми орієнтованих градієнтів представлений на рисунку 1.8.

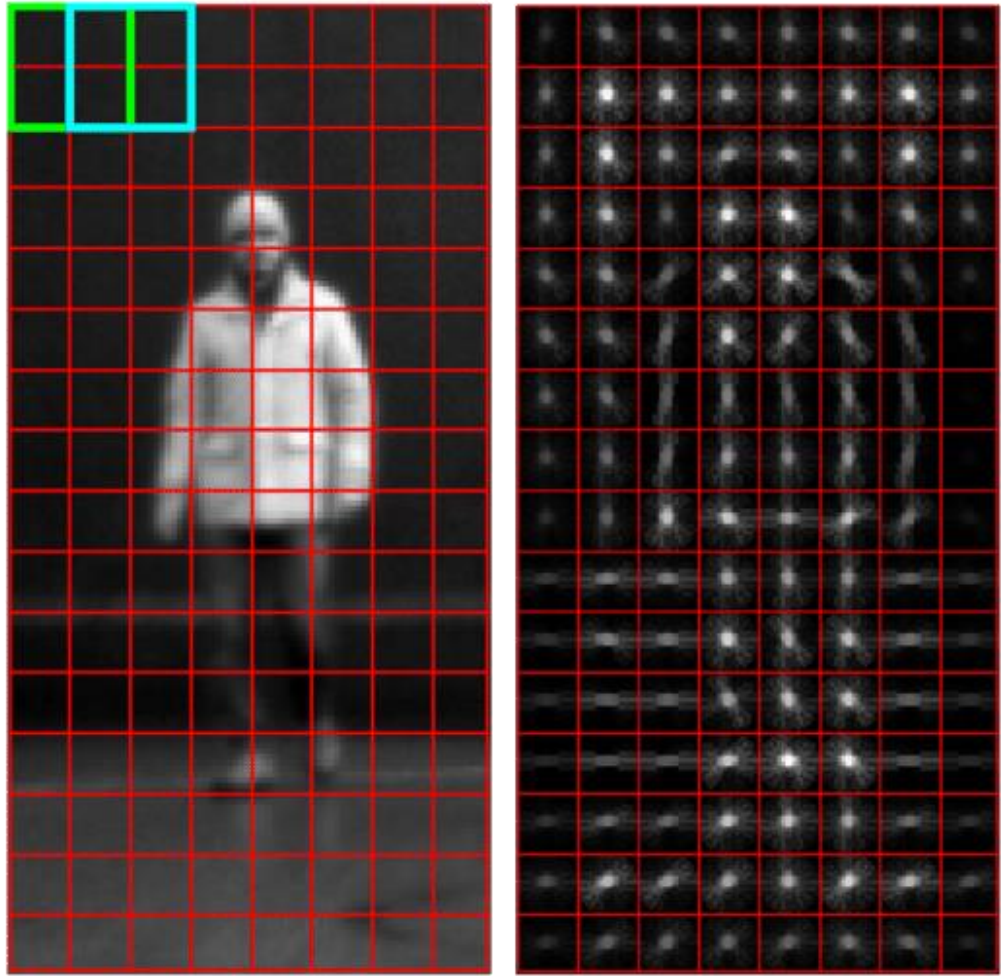


Рисунок 1.8 – Обробка зображення за допомогою гістограми орієнтованих градієнтів

Оптичний потік – це зображення видимого руху об'єктів, яке отримується в результаті переміщення спостерігача (очей або камери) щодо сцени. Використовується для знаходження зміщення об'єкта по відношенню до його ж положення на попередньому кадрі за той час, який минув між фіксацією кадрів, на яких зображений власне сам об'єкт.

Існує кілька підходів до визначення зміщень між двома сусідніми кадрами. Наприклад, можна для кожного невеликого фрагмента (скажімо, 8 на 8 пікселів) одного кадру знайти найбільш схожий фрагмент на наступному кадрі. В цьому випадку різниця координат вихідного і знайденого фрагментів дасть нам зміщення. Основна складність тут полягає в тому, як швидко відшукати потрібний фрагмент,

при цьому не перебираючи весь кадр піксель за пікселем. Різні реалізації цього підходу так чи інакше вирішують проблему обчислювальної складності. Деякі з цих реалізації знайшли своє застосування, наприклад, в поширених стандартах стиснення відео. Платою за швидкість в такому разі є якість.

Даний підхід часто називають диференціальним, оскільки в його основі лежить обчислення часткових похідних по горизонтальному і вертикальному напрямках зображення. Саме на цьому підході базується метод Лукаса-Канеда [16].

Припустимо, що значення пікселів переходять з одного кадру в наступний без змін. Таким чином, припускається, що пікселі, що відносяться до одного і того ж об'єкту, можуть зміститися в якусь сторону, але їх значення залишаться незмінними. Математично це описується як:

$$I(x, y, t) = I(x + \mu_x, y + \mu_y, t + 1),$$

де I – функція яскравості пікселів від положення на кадрі і часу.

Тоді за методом Лукаса-Канеда вектор оптичного потоку в точці p , де p – центр певної області, буде рішенням рівняння:

$$\begin{cases} I_x(q_1)V_x + I_y(q_1)V_y = -I_t(q_1) \\ I_x(q_2)V_x + I_y(q_2)V_y = -I_t(q_2) \\ \dots \\ I_x(q_n)V_x + I_y(q_n)V_y = -I_t(q_n) \end{cases},$$

де q_1, q_2, \dots, q_n – пікселі всередині області, $I_x(q_i), I_y(q_i), I_t(q_i)$ – часткові похідні зображення I за координатами x, y та часом t . Після запису рівняння в матричній формі та вирішення системи за допомогою методів найменших квадратів, отримаємо розв'язок:

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i I_x(q_i)^2 & \sum_i I_x(q_i)I_y(q_i) \\ \sum_i I_x(q_i)I_y(q_i) & \sum_i I_y(q_i)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_i I_x(q_i)I_t(q_i) \\ -\sum_i I_y(q_i)I_t(q_i) \end{bmatrix}.$$

Границі об'єктів на зображенні в значній мірі зменшують кількість даних для обробки, при цьому зберігаючи важливу інформацію про об'єкти на зображенні, їх форму, розмір, кількість. Головною особливістю методів виявлення границь вважають отримання точної лінії форми об'єкта. У літературі описано безліч алгоритмів, які дозволяють виявляти границі об'єктів, але оцінки результатів правильності розпізнавання на даний момент не існує. Коректність виявлення залежить від експериментатора та від сфери застосування оброблених зображень.

Виявлення границь є фундаментальним інструментом для сегментації зображення. В обробці зображень, особливо в системах комп'ютерного зору, за допомогою виділення контуру розглядають важливі зміни рівня яскравості на зображенні, фізичні та геометричні параметри об'єкта на сцені. До найпоширеніших алгоритмів відносять оператор Робертса, Собеля, Превітта, Кірша, Робінсона, алгоритм Канні і LoG-алгоритм.

Оператор виділення границь Робертса виконує обчислення двовимірного просторового виміру на зображенні. Основною перевагою даного оператора є простота та швидкодія [17]. Цей метод підкреслює області високої просторової частоти, які часто відповідають границям об'єкта. Значення пікселів вихідного зображення в кожній точці передбачає певну величину просторового градієнта вхідного зображення в цій же точці. Оператор Собеля використовує наближення до похідної. Таке наближення дозволяє виявляти границі в тих місцях, де градієнт найвищий [18]. Даний спосіб виявляє кількість градієнтів на зображенні, тим самим виділяючи області з високою просторовою частотою, які відповідають границям.

Детектор кордонів Кенні є одним з найпопулярніших алгоритмів виявлення контурів [19]. Важливим кроком в даному алгоритмі є усунення шуму на контурах, який в значній мірі впливає на вихідний результат. При цьому усунення шуму не

призводить до погіршення розпізнавання границь об'єктів на зображенні. Сам алгоритм доволі простий:

- спочатку проводиться розмиття зображення для видалення власне самого шуму за допомогою фільтра Гауса;
- далі відбувається пошук градієнти для визначення границь, де значення градієнти є максимальним, при цьому використовується чотири фільтри для виявлення горизонтальних, вертикальних та діагональних ребер, які накладаються на розмите зображення;
- далі як границі об'єкта відмічаються тільки локальні максимуми;
- потім потенційні границі визначаються як пороги та проводиться зменшення всіх країв, які не підпадають під порогове значення.

До алгоритмів високого рівня обробки зображення відносять методи осмисленого аналізу зображень. На виході алгоритм робить висновки про наявні об'єкти на зображенні та їх характеристики. В основному на даний момент такі алгоритми представлені у вигляді систем штучного інтелекту, а саме нейронних мереж.

1.2 Огляд та аналіз існуючих рішень

Однією з основних проблем розпізнавання є пошук необхідного об'єкту на зображенні. Так, наприклад, в роботі [20] була запропонована система розпізнавання автомобілів на основі алгоритму виявлення стійких ознак зображення SURF. Стандартна версія SURF в кілька разів швидше, ніж SIFT та більш надійна проти різних перетворень зображень, ніж SIFT. Для визначення точок інтересу SURF використовує цілочисельну апроксимацію детермінанта детектора Гессен-блоба, який може бути обчислений за допомогою трьох цілих операцій з використанням попередньо обчисленого інтегрального зображення. Його функціональний дескриптор заснований на сумі виходу Хаар-вейвлета навколо так званих особливих точок. Вони також можуть бути обчислені за допомогою інтегрального зображення. Даний метод проводить ідентифікацію об'єкта на основі визначення ключових

точок самого об'єкту. Хоча результати досліджень показали високі показники точності (91.6%), але основним недоліком є те, що система створює великі затримки відео при роботі в реальному часі.

Також у кількох дослідженнях було запропоновано і проаналізовано концепцію автоматизованого аналізу зображень з камер відеоспостереження для виявлення небезпечних ситуацій. Наприклад, автори [21] запропонували систему автоматичного виявлення пожежі на основі тимчасової зміни інтенсивності зображення самої пожежі. Приклад кумулятивної матриці для обробленого зображення, що використовується в цій системі, представлений на рисунку 1.9.



Рисунок 1.9 – Відображення кумулятивної матриці для зображення полум'я

Цей підхід використовує накоплення деякої кількості кадрів та прийняття рішення на основі зміни інтенсивності яскравості зображення. Це і подібні рішення використовують аналогічний напрямок досліджень, тобто обробку на основі ознак самого зображення, але мають справу з менш складним завданням.

На таких підходах також працюють системи для спостереження та обробки зображень на основі накопичення, які базуються на визначені форми об'єкту, зокрема силуету людини. Автори роботи [22] представляють систематизоване дослідження різних методів обробки форм на основі дескрипторів для визначення

силуету людини. Ці напрацювання були використані в системі управління щільністю натовпу на станції метрополітену, запропонованою авторами [23]. Приклад роботи системи представлений на рисунку 1.10.



Рисунок 1.10 – Приклад обробленого зображення системи для управління щільністю натовпу

Точність розпізнавання системи при різних рівнях натовпу представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Точність роботи системи для управління щільністю натовпу

Номер рівня	Точність
Рівень 0 (відсутність пасажирів)	88,9%
Рівень 1	75,5%
Рівень 2	72,1%
Рівень 3 (переповнення людей)	83,0%

Недоліком даної системи можна вважати неточність роботи методу виділення заднього фону на дальніх планах зображення, що призводить до втрати корисної інформації про кількість пасажирів.

Також на основі визначення форми була розроблена система автоматизованого розпізнавання крадіжок на основі оцінки позиції акторів [24].

Система на основі крайового дескриптору визначає силует актора та на його основі визначає розміщення рук та торсу. Ця інформація використовується для формування опорних точок та формування рішення. Приклад роботи системи представлений на рисунку 1.11.



Рисунок 1.11 – Приклад формування опорних векторів системи розпізнавання крадіжок

Точність системи в складає 72.6-90.7%, в залежності від кількості оброблених фреймів та фону картинки загалом (на більш однорідному фоні точність підвищується). Основним недоліком можна вважати те, що система нестабільно працює з великою кількістю людей, що знаходяться на зображенні, а також існує доволі висока залежність від фону, на якому знаходяться шукані об'єкти.

Початкова концепція автоматичного виявлення вогнепальної зброї була запропонована як частина проекту MEDUSA в Великобританії [25]. Автори цієї системи також працювала над визначенням ознак, які можуть вказувати на те, що у людини носить приховану вогнепальну зброю [26]. Перші експерименти по використанню цих ознак для розпізнавання зброї використовували камери в якості автоматизованого датчика [27]. Недоліком даного підходу можна вважати те, що процес ідентифікації базується на використанні доволі дорогих камер та додаткових датчиків, що збільшує не тільки складність самої системи, але й її експлуатацію.

Прикладом більш пізнього підходу є проект FISVER, який слугує базою для системи громадської безпеки в транспортних засобах, який використовує

розпізнавання на основі згорткових нейронних мереж для виявлення необхідних об'єктів, включаючи об'єкти, такі як вогнепальна зброя [28]. Дана система на даний час знаходиться в розробці. Структура системи представлення на рисунку 1.12.

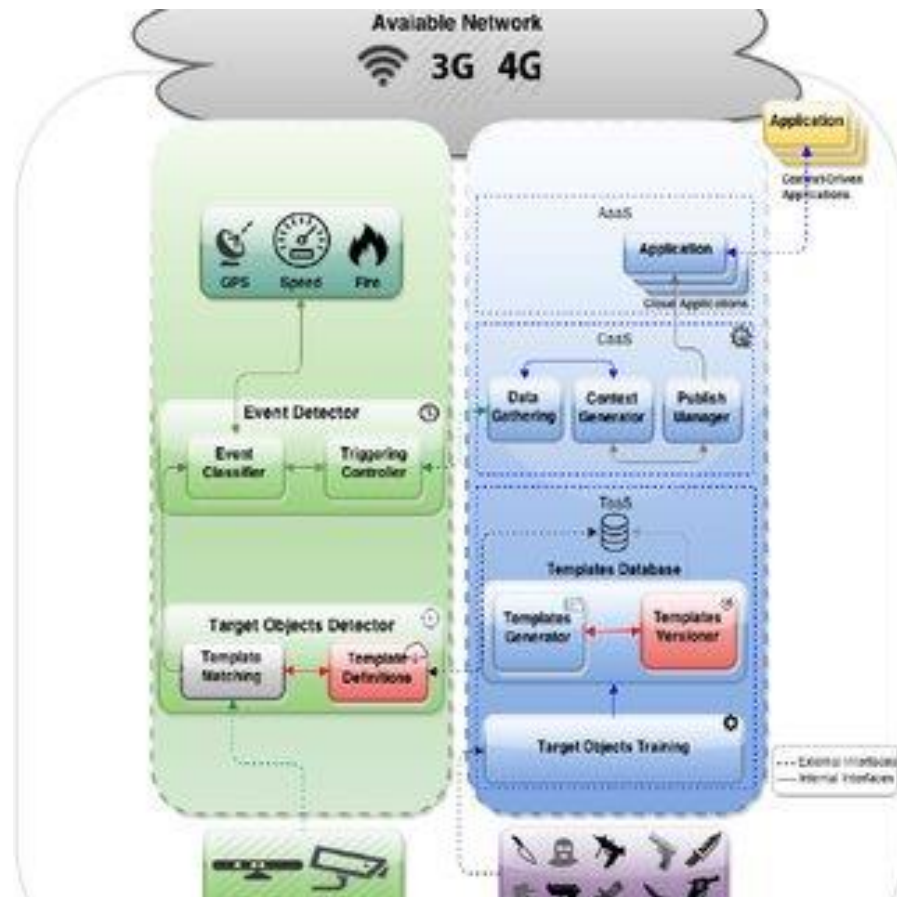


Рисунок 1.12 – Структура системи FISVER

Крім того, слід зазначити, що існують інші перспективні підходи до виявлення небезпечних об'єктів в аналогічних сценаріях. В роботі [29] було показано, що можна виявити металеві предмети, наприклад ножі, з використанням радіолокатору та ефекту відбивання радіохвилі від об'єкта. Така система здатна розпізнавати приховану зброю на відстані до 1 метра. Схема роботи експериментального макету представлена на рисунку 13.

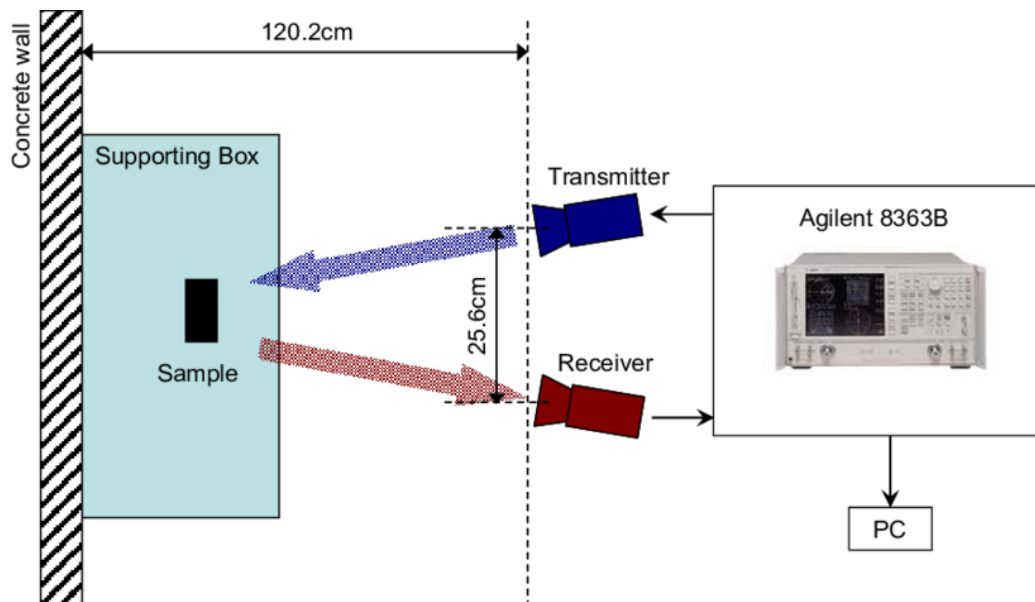


Рисунок 1.13 – Схема роботи експериментального макету

Також розпізнавання можна здійснювати за допомогою рентгенівської візуалізації [29]. Основним недоліком практичного застосування таких підходів стає збільшення економічних витрат на розробку та експлуатацію таких систем, а також підвищення небезпеки для здоров'я людей, що використовують системи, побудовані на даних підходах. Крім того, для виявлення вогнепальної зброї за допомогою відео можна додатково використовувати методи акустичного розпізнавання [30,31]. Такий підхід збільшує точність визначення, але призводить до збільшення складності самої системи за рахунок обробки звукових сигналів, часу на видачу сигналу про наявність небезпеки, а також до підвищення витрат на розробку та експлуатацію систем на основі такого розпізнавання.

Розглянувши декілька прикладів реалізації різних рішень для розпізнавання зброї, для них можна визначити наступні переваги та недоліки, які представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки розглянутих рішень

Система управління щільністю натовпу на станції метрополітену	
Переваги	Недоліки
Високий ступінь точності.	Неточність роботи методу виділення заднього фону на дальніх планах зображення.
Система автоматизованого розпізнавання крадіжок на основі оцінки позиції акторів	
Переваги	Недоліки
Швидкість роботи, точність розпізнавання до 90%.	Нестабільність роботи з великою кількістю людей, що знаходяться на зображенні, залежність розпізнавання від заднього фону.
Підсистема автоматичного виявлення вогнепальної проекції MEDUSA	
Переваги	Недоліки
Можливість розпізнавання прихованої зброї, здатність	Процес ідентифікації базується на використанні доволі дорогих камер та додаткових датчиків, висока вартість розробки та експлуатації.
Система розпізнавання зброї на основі радіолокатору	
Переваги	Недоліки
Висока точність розпізнавання, можливість розпізнавання прихованої зброї	Великі економічні витрати на розробку та експлуатацію, підвищення небезпеки для здоров'я людей, що використовують системи

На основі даної інформації були сформовані основні концепції, що були використані в даній роботі. Підхід, що використовується в даній магістерській дисертації, був заснований на декількох інструментах, призначених для виявлення і розпізнавання об'єктів. Виявлення зброї та небезпечних об'єктів – це конкретний

випадок виявлення загального об'єкта, який може бути виконаний з використанням різноманітних методів. Вибір тих чи інших технік та методів, які використовуються в системі, повинен бути обґрунтований. В якості прикладів зброї буде використовуватися зображення ножів та пістолетів.

Після проведення аналізу реальних систем відеоспостереження було виявлено, що записи камер, як правило, мають низьку якість, страждають від розмитості, недостатньою і надмірної експозиції, артефактів стиснення і інших, а також в дійсності відео записи зазвичай мають низьку роздільну здатність через невисоку якість апаратного забезпечення. Тому вхідне зображення для алгоритму повинно бути низької роздільної здатності (640x480) і невеликий розмір небезпечного об'єкта (в пікселях), сам алгоритм повинен працювати в режимі реального часу, використовуючи не більше ніж звичайний настільний комп'ютер і не вимагаючи спеціалізованого обладнання, такому як доступ до суперкомп'ютера або центру обробки паралельних обчислень.

Також необхідно, щоб кількість помилкових тривог було якомога нижчою (висока специфіка), навіть ціною відсутності деяких подій (за рахунок чутливості). Це пов'язано з тим, що якщо алгоритм генерує занадто багато сигналів тривоги, оператор починає ігнорувати їх, що, в свою чергу, робить всю систему марною та некорисною.

Також необхідно, щоб алгоритм працював як експертна система, тобто після розпізнавання небезпечного об'єкта оператор був попереджений для самостійної оцінки ситуації і вживання необхідних відповідних заходів. Це пов'язано з тим, що така автоматизована система не здатна оцінити контекст і, отже, потенційну серйозність ситуації.

2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ

В даному розділі наведений опис розробки моделі, а саме приведені вимоги до системи та теоретичний опис алгоритмів, що використовуються в системі.

Вимоги до системи розділені на функціональні та нефункціональні.

Далі приведений опис запропонованого алгоритму для розпізнавання зброї на основі зображення з камер відеоспостереження. Даний алгоритм використовує напрацювання в області комп'ютерного зору та обробки зображень. Приводиться опис термінів та понять, які необхідні для опису розроблюваного алгоритму. В якості прикладів зброї алгоритм буде використовувати зображення ножів та пістолетів. Модель складається з двох частин: алгоритму розпізнавання ножів та алгоритму розпізнавання пістолетів.

2.1 Формування вимог до системи

Основною ціллю системи, що розробляється, є автоматизоване розпізнавання зброї на основі зображення з камер відеоспостереження та попередження про це оператора відеоспостереження.

До функціональних вимог можна віднести:

- система повинна проводити обробку зображення з відеокамер в реальному часі;
- система повинна надавати змогу перегляду зображення територій з відеокамер, що знаходяться під охороною;
- система повинна надавати змогу перегляду інформації про територію, що знаходяться під охороною;
- система повинна проводити розпізнавання зброї на отриманому зображенні;
- система повинна після розпізнавання необхідних об'єктів на зображенні повідомляти оператора про виявлення;

- система повинна надавати змогу змінювати налаштування камери та системних конфігурацій системи;
- система повинна забезпечувати управління камерами;
- система повинна надавати змогу масштабування зображення з відеокамери;
- система повинна надавати змогу активувати та деактивувати вибрану камеру;
- система повинна мати змогу записувати вихідне зображення з вибраної відеокамери;
- система повинна мати змогу відтворювати записане вихідне зображення з відеокамери;
- система повинна надавати вибір того, яке записане вихідне зображення з відеокамери відтворити.

До нефункціональних вимог можна віднести:

- система повинна мати високу точність розпізнавання, не менше 85%;
- кількість помилкових тривог повинна зводитися до мінімуму;
- система повинна вміти працювати з зображеннями низької розподільної здатності, не менше, ніж 640x480 пікселів;
- система повинна бути проста в експлуатації;
- записане вихідне зображення з вибраної відеокамери повинно зберігатися на локальному диску;
- перегляд зображення території, що знаходиться під охороною, повинне представлятися у вигляді зручного інтерфейсу;
- затримка при розпізнаванні зброї не повинна становити більше ніж, 3 секунди;
- система повинна працювати з зображеннями з відеокамер, частота яких не менше, ніж 25 Гц;
- передача зображення з камер до оператора нагляду повинна бути стабільною;

- система повинна працювати як з кольоровим зображенням, так і з чорно-білим;
- точність розпізнавання не повинно залежати від заднього фону.

2.2 Алгоритм розпізнавання ножів

Для розпізнавання об'єктів необхідно визначити локальні особливості шуканого об'єкту. Для спрощення пошуку областей з даними особливостями необхідно виконати сегментацію зображення, тобто розбити загальну картинку на множину менших зображень.

Далі необхідно провести власне вилучення ключових особливостей, таких як форма, колір, текстури, контури, границі для шуканого об'єкта. Опис даних характеристик можна проводити за допомогою різних дескрипторів.

На основі отриманої інформації можна провести остаточну класифікацію об'єкта.

На основі даних міркувань був розроблений алгоритм, схема якого представлена на рисунку 2.1 та в [Додатку Г](#).

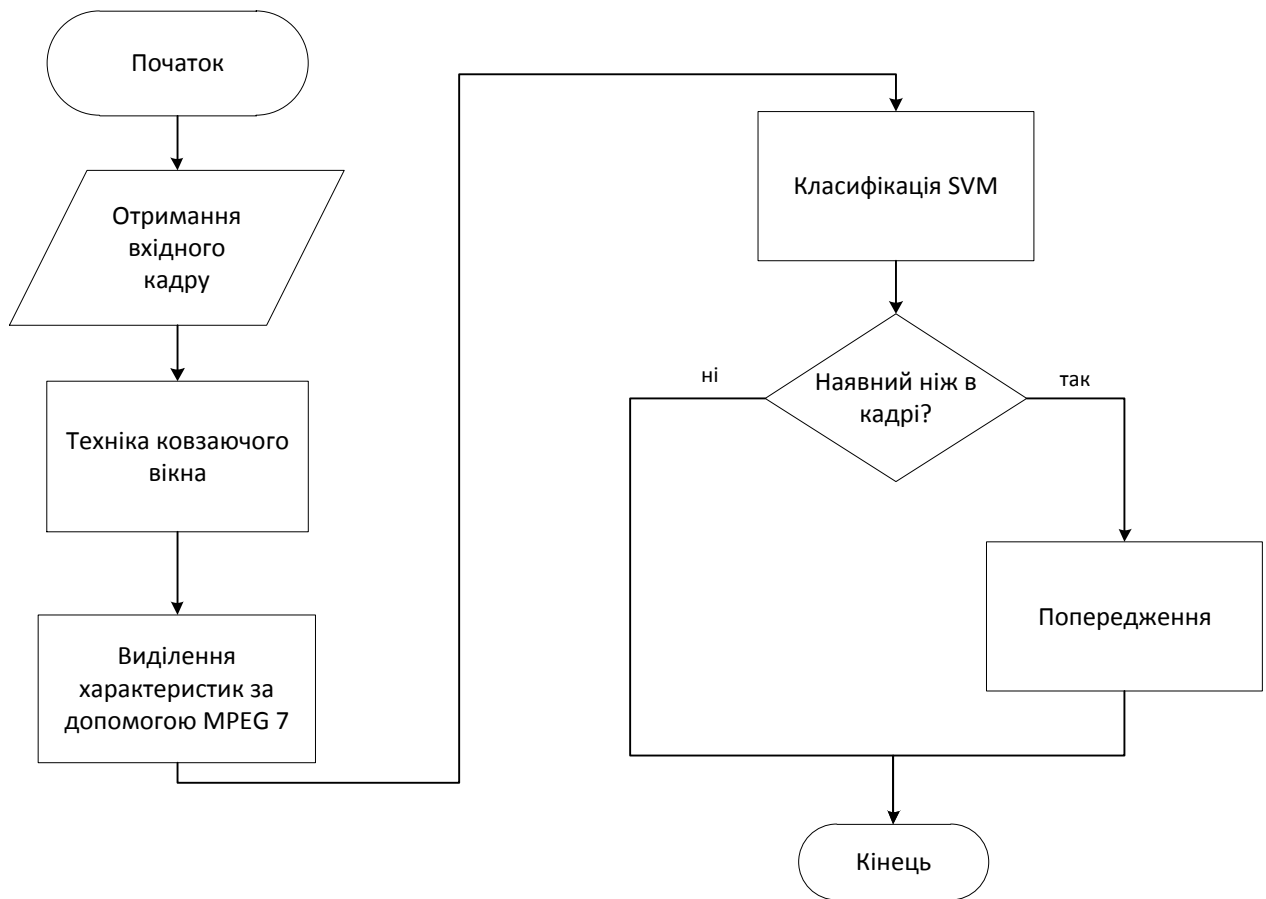


Рисунок 2.1 – Загальна схема алгоритму для розпізнавання ножів

Першим кроком необхідно вибрати кандидатів у вигляді зображень з вхідного відео потоку, тобто провести сегментацію. Вибір кандидатів відбувається з використанням модифікованої техніки ковзаючих вікон. Метод ковзаючого вікна [33] працює наступним чином: відеопоток з камери представляється у вигляді послідовності кадрів. Кожне зображення представляється у вигляді піраміди зображень, тобто масиву зменшених зображень глибиною 2. На кожне масштабоване зображення накладується ковзаюче вікно для виділення області пошуку ножа.

На відміну від оригінальної методики ковзаючого вікна, пошук ножів в даному алгоритмі проводиться поруч з людським силуетом і коли на зображенні з'являється хоча б один людський силует. Виявлення ножа, що тримають в руці в обмеженій частини зображення, відбувається швидше, ніж це б проводилося на повному зображенні. Крім того, рука, що тримає ніж, має більш характерні візуальні функції, чим власне самий ніж. Виділення повинно відбуватися в одній з двох

областей: одна біля потенційного злочинця, а іншу близьку до потенційної жертви. Очікується, що ніж буде показаний в динаміці, оскільки зазвичай ніж утримується в руці і використовується проти тіла іншої людини.

Через динаміку таких подій неможливо автоматично розрізняти правопорушника і захисника під час обробки. З цієї причини обидві області спостерігаються для кожного людського силуету, знайденого на зображенні (кожен людський силует вважається потенційним злочинцем і потенційною жертвою). Зони для пошуку представлені на рисунку 2.2. Пошук відбувається за рахунок згорткової нейронної мережі прямого розповсюдження з 3 прихованими шарами та функцією активації ReLU.

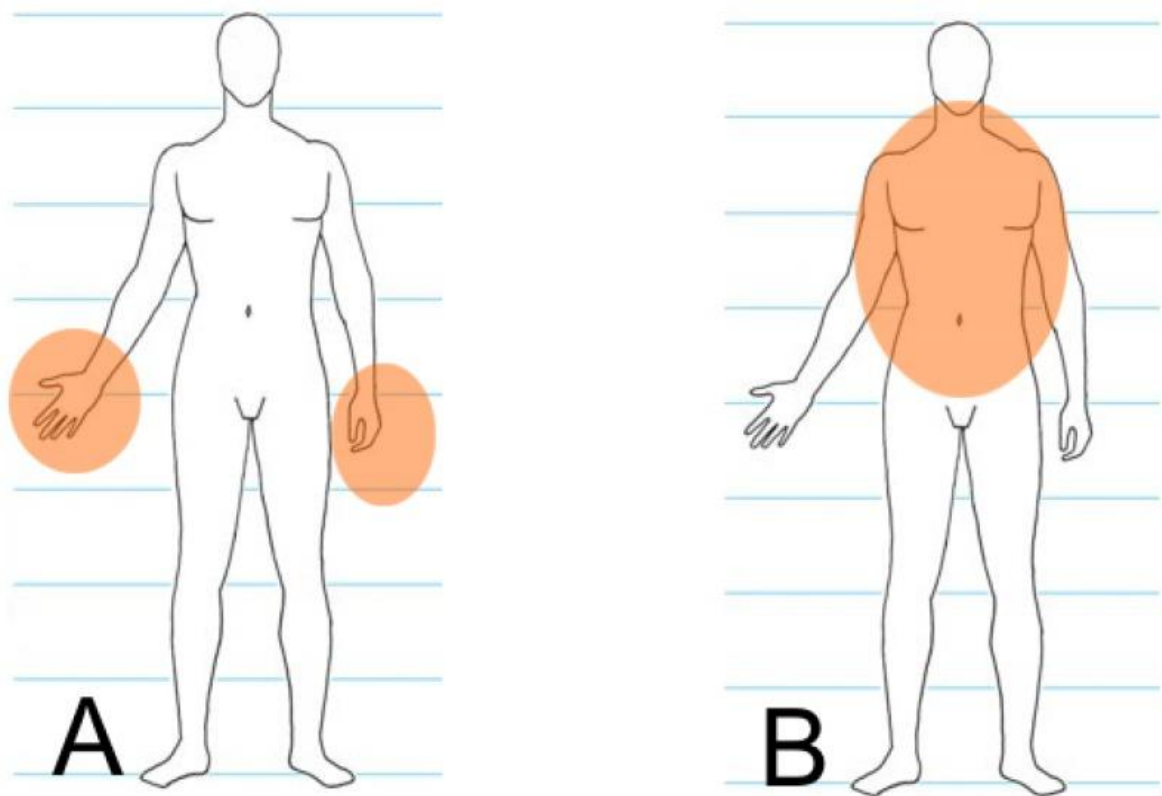


Рисунок 2.2 – Зони для пошуку зображення ножа на фоні людського силуету

ReLU – функція випрямленої прямої одиниці (rectified linear unit), що можна описати наступною формулою:

$$f(x) = \max(0, x).$$

Графік даної функції представлений на рисунку 2.3.

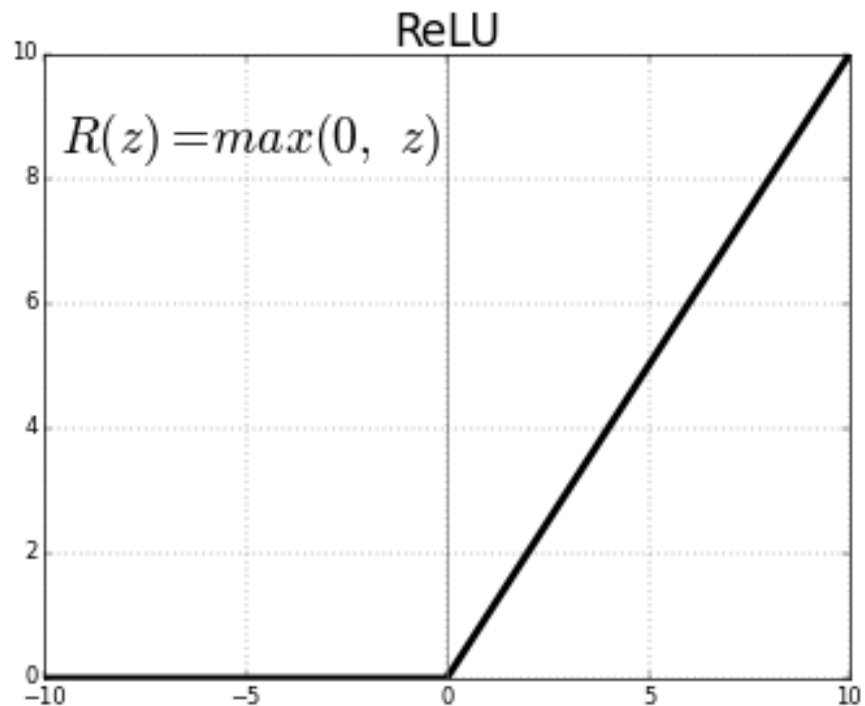


Рисунок 2.3 – Графік функції ReLU

Вона є аналогом напівперіодичного випрямляча, що використовується у схемотехніці. Дана функція здатна забезпечити краще навчання глибоких мереж, на відміну від передавальних функцій, таких як логістичні функції та гіперболічний тангенс.

Наступним кроком було перетворення зображення в його числове представлення. За допомогою техніки ковзаючого вікна визначається приблизне положення ножа на зображенні. Оскільки задача виявлення країв ножа не є тривіальною, якщо розглядати зображення зі змінним і неоднорідним фоном. Поточна література описує безліч різних візуальних дескрипторів, а також їх переваги і недоліки [34]. Було вирішено використовувати візуальні дескриптори зі стандарту MPEG-7, оскільки надають повну інформацію про особливості шуканого об'єкту та мають готові програмні бібліотеки для роботи з ними. Через специфічний

малюнок зображення ножа було вибрано три дескриптора: крайової гістограми [35], однорідної текстури [36] та форми області [37].

Перший дескриптор містить інформацію про різні типи ребер, що розміщені на зображенні. Дескриптор однорідної текстури описує конкретні зображення, такі як спрямованість, грубість і регулярність малюнків, що присутні на зображенні. Третій дескриптор базується на кутовому радіальному перетворенні для опису форм областей, що складаються з однієї або декількох пов'язаних областей і розглядає всі пікселі, що становлять форму, як граничні, так і внутрішні пікселі.

Крайова гістограма є одним з найбільш широко використовуваних методів для визначення форми. Даний дескриптор представляє відносну частоту появи п'яти типів ребер в кожній локальній області, що називається підзображенням та блоком зображення. Блок зображення визначається шляхом розділення простору зображення на блоки 4x4, що не перекриваються, як показано на рисунку 2.4. Таким чином, розділене зображення визначається 16 блоками однакового розміру незалежно від розміру вхідного зображення. Для визначення характеристики блока зображення, генерується гістограма розподілу границь для кожного блока зображення. Краї розділяються на п'ять типів: вертикальні, горизонтальні, діагональні 45 градусів, діагоналі 135 градусів та ненаправлені краї, як показано на рисунку 2.5. Таким чином, гістограма для кожного блока представляє собою відносний розподіл п'яти типів ребер в відповідному блоці зображення. З 16 підзображень та 5 ребер формуються 80 контейнерів, які зберігають значення крайової гістограми.

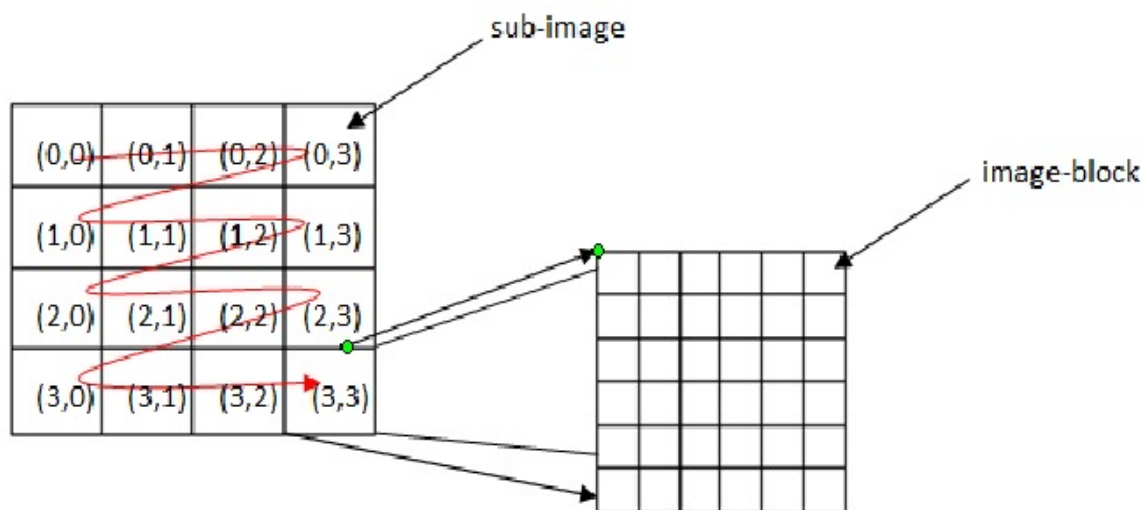


Рисунок 2.4 – Визначення підзображення та блоку зображень в крайовому дескрипторі

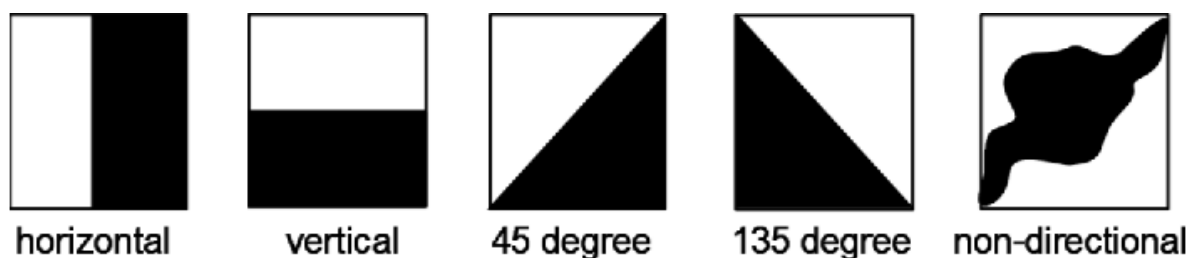


Рисунок 2.5 – П'ять типів країв

Після генерації контейнерів кожен з них нормалізується шляхом розподілу його на загальне число блоків зображення з ребром в відповідному підзображенні. Кожний контейнер має значення в діапазоні від 0 до 1. Для представлення нормалізованого значення в двійковій формі, проводиться їх квантування. Значення контейнера нелінійно квантоване. Таблиці квантування отримані шляхом застосування алгоритму Ллойда-Макса.

Далі для виділення країв використовуються фільтри, представлені на рисунку 2.6, які визначають границю на основі середнього значення яскравості пікселів.

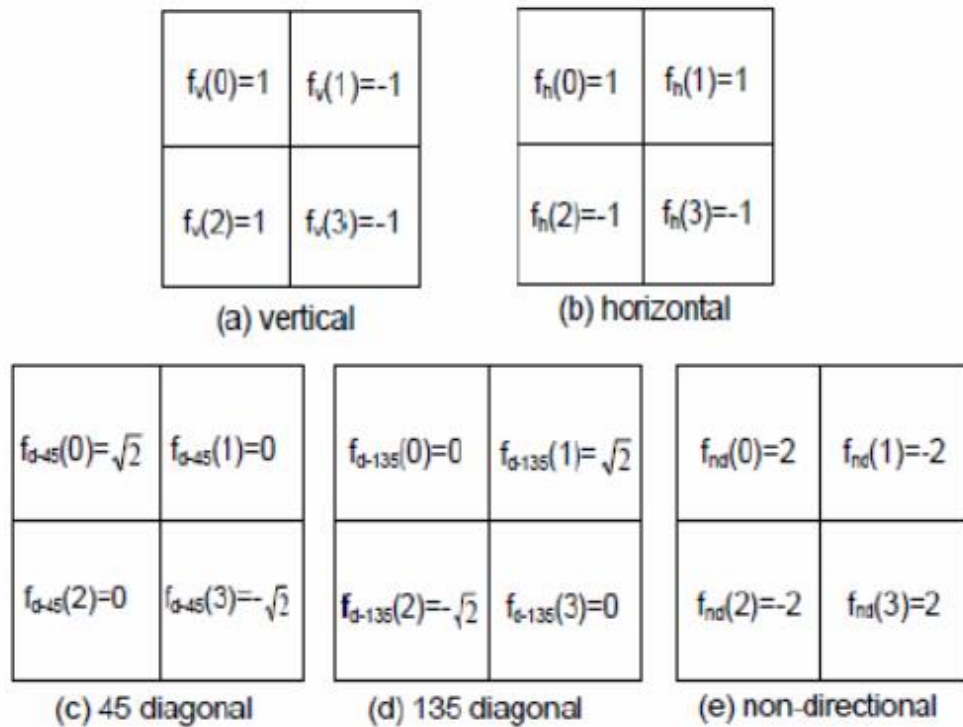


Рисунок 2.6 – Фільтри для виділення країв

Якщо значення фільтра перевищує порогове значення, то блок розпізнається як один з країв. Процедура виявлення детальніше описана в роботі [37].

Дескриптор однорідної текстури характеризує текстуру області, використовуючи середнє відхилення енергії та енергії від набору частотних каналів. Цей дескриптор обчислюється спочатку шляхом фільтрації зображення за допомогою банку фільтрів, що базуються на орієнтації і масштабі, і обчисленням середнього і стандартного відхилення відфільтрованих вихідних сигналів в частотній області. Частотний простір поділений на 30 каналів з рівним розподілом в кутовому напрямку (з 30 інтервалами) і октавним розподілом в радіальному напрямку (п'ять октав), як показано на рисунку 2.7.

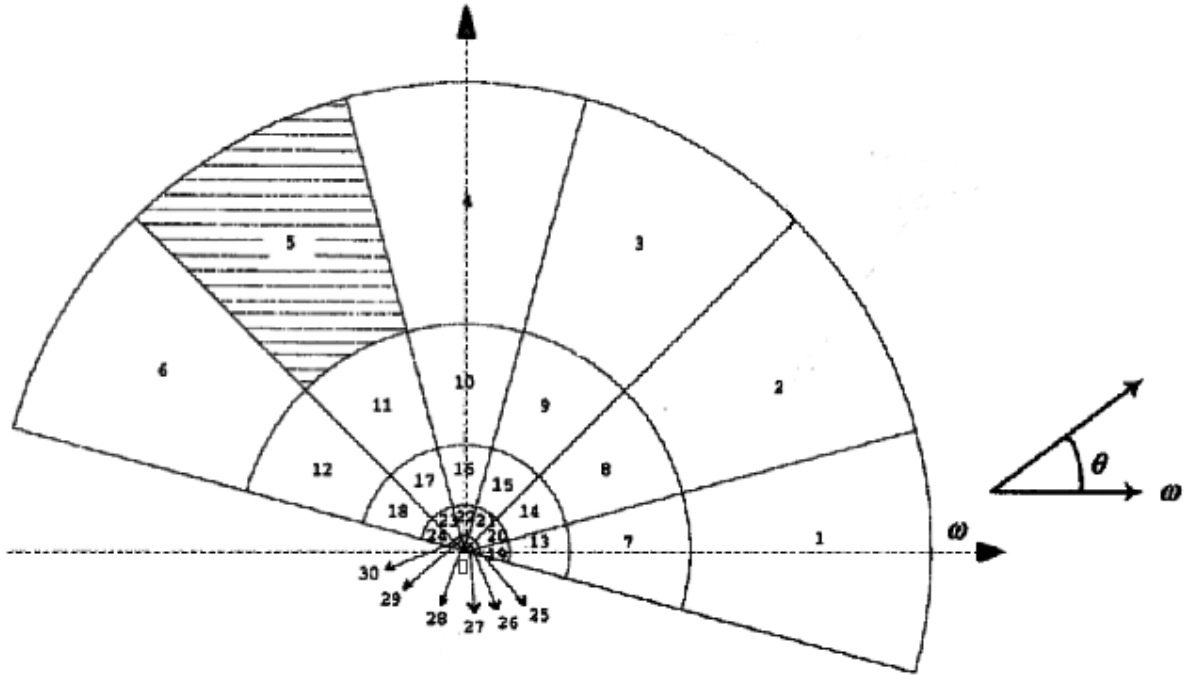


Рисунок 2.7 – Розподілений частотний простір для дескриптору однорідної структури

Середня енергія і її відхилення обчислюються в кожному з 30 частотних каналів [38]. Енергія e_i i -го каналу характеристик визначається за допомогою коефіцієнтів перетворення Фур'є, отриманих за допомогою фільтра Габора, отриманих з використанням формул (2.1) і (2.2). Енергетичне відхилення d_i i -го каналу характеристик визначається в аналогічній формі формулами (2.3) і (2.4). Більш детально описано в роботі [37].

$$e_i = \log_{10}(1 + p_i) \quad (2.1)$$

$$p_i = \sum_{\omega=0^+}^1 \sum_{\theta=(0^\circ)^+}^{360^\circ} \{G_{s,r}(\omega, \theta) \|\omega\| P(\omega, \theta)\}^2 \quad (2.2)$$

$$d_i = \log_{10}(1 + q_i) \quad (2.3)$$

$$p_i = \sqrt{\sum_{\omega=0^+}^1 \sum_{\theta=(0^\circ)^+}^{360^\circ} \{[G_{s,r}(\omega, \theta) \|\omega\| P(\omega, \theta)]^2 - p_i\}^2} \quad (2.4)$$

Дескриптор форми на основі області проводить розподіл пікселів в двовірній області об'єкта; може описувати складні об'єкти, що складаються з декількох незв'язних областей, а також прості об'єкти з отворами або без них. Приклад роботи дескриптора представлений на рисунку 2.8.

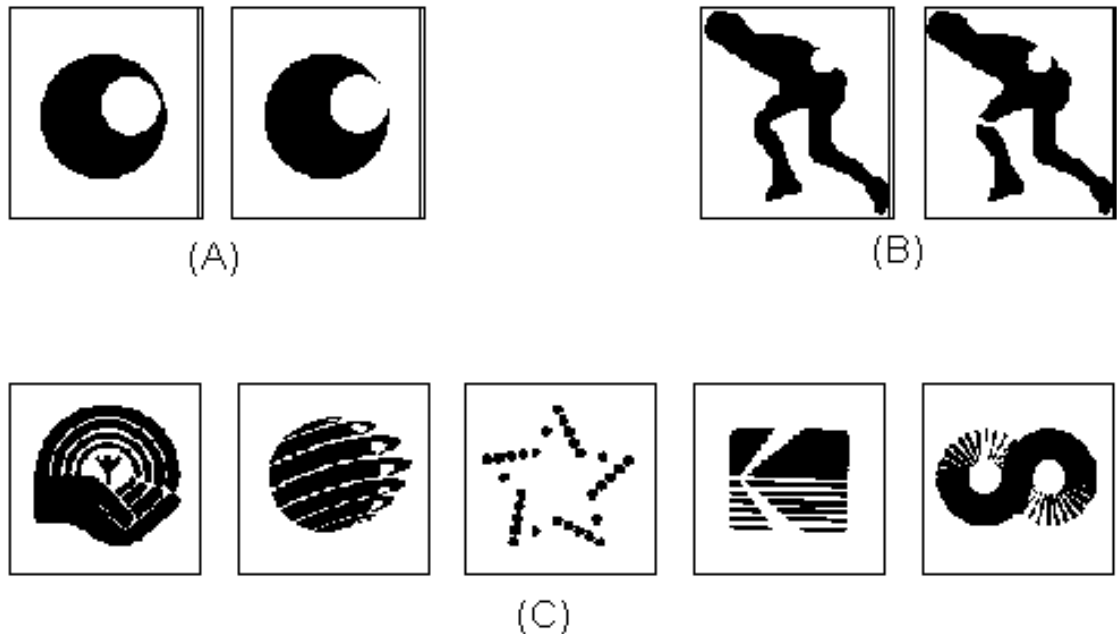


Рисунок 2.8 – Приклад роботи дескриптора форми на основі області

Особливостями цього типу дескриптора є те, що:

- надається компактний і ефективний спосіб опису властивостей декількох непересічних областей одночасно;
- іноді в процесі сегментації об'єкт можна розділити на незв'язні області. Такий об'єкт все ще можна отримати, за умови, що інформація, в яку були розбиті області, зберігається і використовується під час вилучення дескриптора;
- дескриптор є надійним для шумів сегментації.

З кожної форми витягується набір коефіцієнтів F_{nm} , використовуючи формулу (2.5):

$$F_{nm} = \int_0^{2\pi} \int_0^1 V_{nm}^*(p, \theta), f(p, \theta) p dp d\theta, \quad (2.5)$$

де $f(p, \theta)$ – функція інтенсивності зображення в полярних координатах, а $V_{nm}^*(p, \theta)$ базис для порядку i [37].

Використання дескрипторів на основі кольорів і ключових точок не використовувалися через безліч потенційних спотворень і помилок. Дескриптори на основі кольорів не можуть мати справу з відбиттям світла і різними балансами кольорів датчиків зображення. Дескриптори на основі ключових точок також були невідповідними для проблеми, оскільки ножі не мають багато характерних особливостей. Більше ключових точок часто виявляються навколо об'єкта, а не самого ножа. Через велику кількість різних типів ножів було вирішено використовувати дескриптори на основі подібності, а не ті, які засновані на зіставленні ключових слів. Чисельні представлення дескрипторів зберігалися у вигляді двійкових векторів для доступності і спрощення обробки. Функціональні вектори використовуються в системі прийняття рішень.

Виділений вектор ознак являє собою вхід в машину векторних носіїв (SVM). Для даного алгоритму використовується ν -SVM, функція рішення якого представлена формулою (2.6).

$$f(x) = \text{sgn} \left(\sum_i a_i y_i k(x, x_i) + b \right) \quad (2.6)$$

Для алгоритму використовувалася нелінійна версія машини векторних носіїв з гауссовими радіальними базисними функціями (RBF), заданими формулою (2.7):

$$k(x, x') = e^{-\lambda \|x - x'\|^2} \quad (2.7)$$

Цей алгоритм поряд з відповідною завданням оптимізації і її рішенням докладно описаний в [39]. Щоб знайти найкращі параметри SVM, був використаний алгоритм пошуку сітки, керуючись чотирма результатами крос-валідації. Остаточне рішення приймається на основі результатів SVM класифікації.

2.3 Алгоритм розпізнавання пістолетів

Після аналізу існуючих рішень та літературних джерел було виявлено, що задача розпізнавання вогнепальної зброї є нетривіальною і стандартних методів для її вирішення не існує. Оскільки задача розпізнавання вогнепальної зброї складна, було прийнято декілька спрощень:

- в якості вогнепальної зброї будуть використовуватися зображення пістолета.
- оскільки алгоритми розпізнавання чутливі до зміни освітлення, тому тестовий набір даних був зроблений в приміщенні, що виключило з алгоритму потенційне заплутування за рахунок руху гілок дерев, птахів, трави тощо.

Алгоритм виявлення вогнепальної зброї представлений на рисунку 2.9 та в Додатку Д.

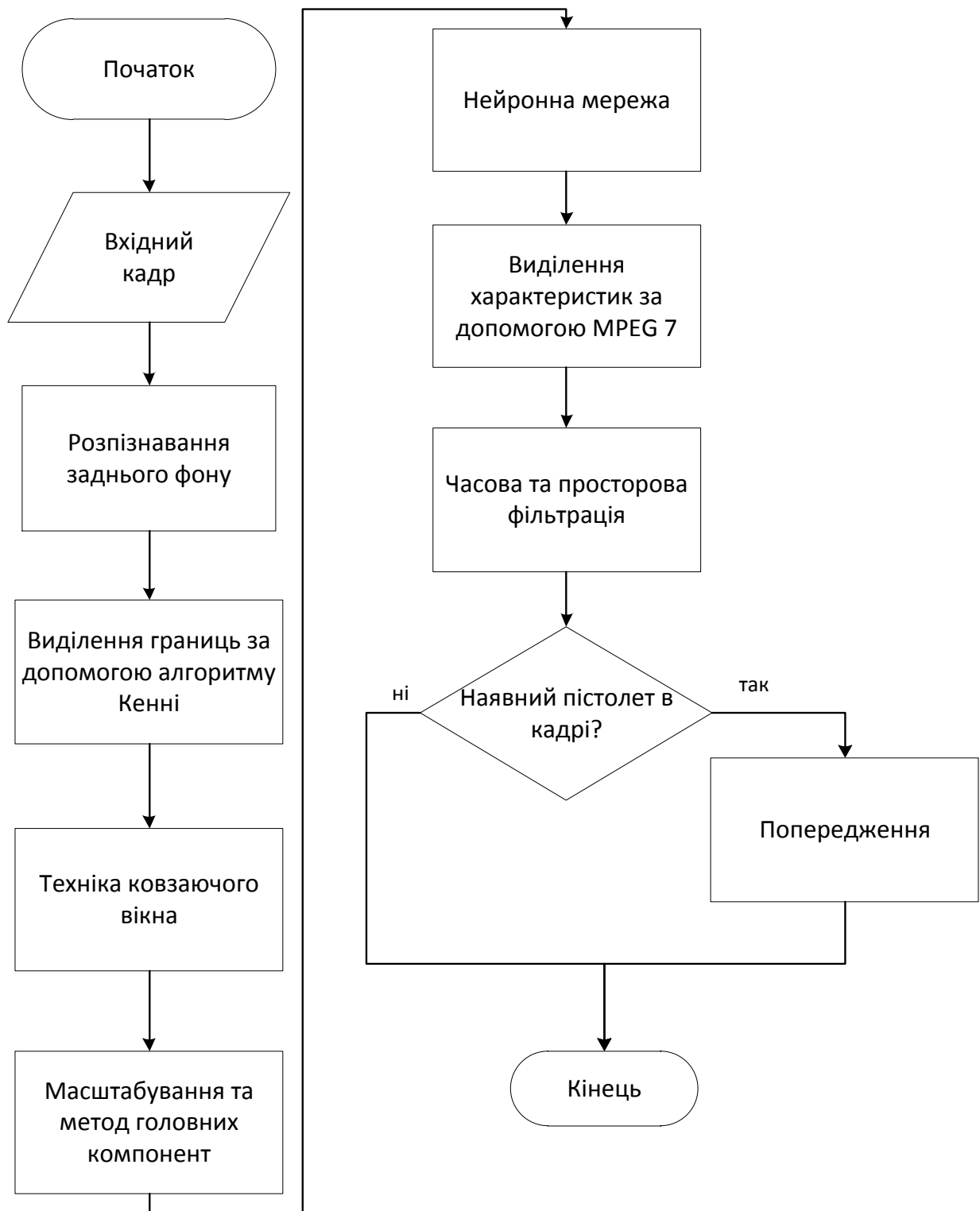


Рисунок 2.9 – Загальна схема алгоритму для розпізнавання пістолетів

Спочатку виконувався простий алгоритм розпізнавання заднього фону. Даний алгоритм базується на відмінностях зображення між послідовними кадрами. Але при обробці фону на зображенні можуть з'являтися різноманітні артефакти через

мерехтіння зображення і змін в освітленні. Через наявність таких артефактів було використано прості операції ерозії і ділатації. Ці дві операції дозволяють видалити артефакти та сфокусувати подальші кроки алгоритму на передньому плані зображення. Цей під-алгоритм зображений на малюнку 2.10 та в [Додатку Е](#).

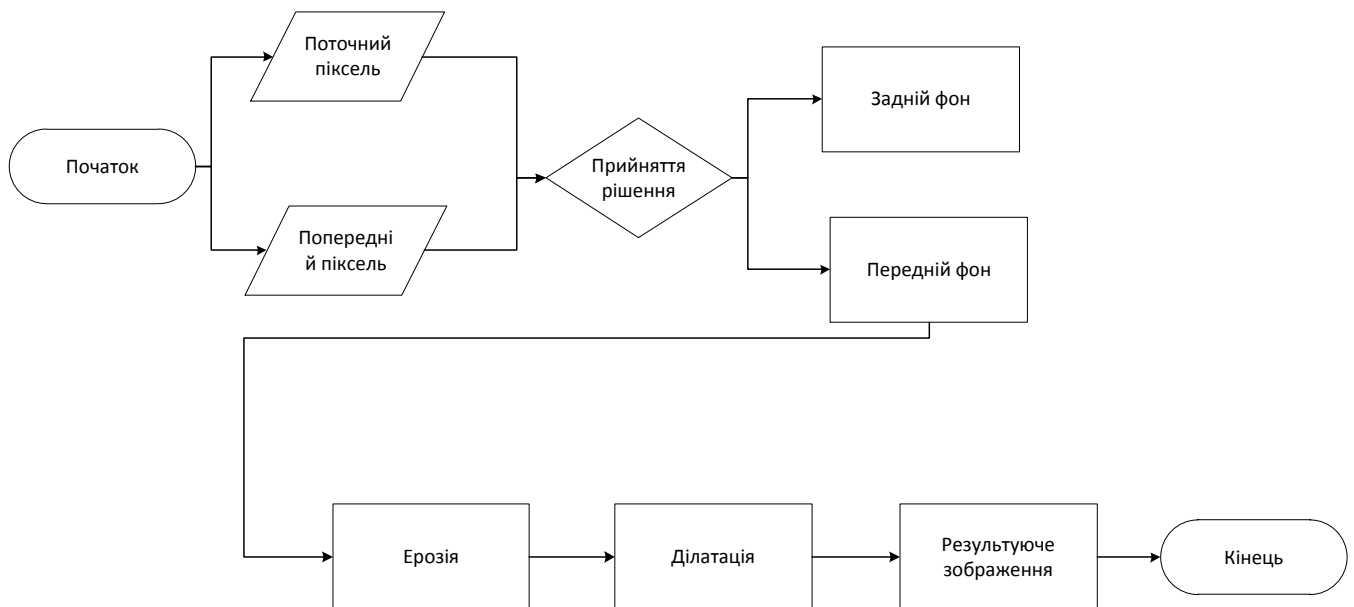


Рисунок 2.10 – Алгоритм виділення заднього фону

Операцію ділатації можна визначити наступним чином. Нехай A та B – множини простору Z^8 . Ділатація множини A за множиною B визначається як:

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}.$$

В основі цього співвідношення лежить отримання центрального відображення множини B щодо його початку координат і потім зрушення отриманого безлічі в точку z . Одним з найпростіших прийомів використання ділатації є усунення розривів ліній на зображенні шляхом їх перекриття.

Операцію ерозії можна визначити наступним чином. Нехай A та B – множини простору Z^2 . Ерозія множини A за множиною B визначається як:

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}.$$

Тобто множина A за примітивом B - це множина всіх точок z , при зсуві в які множина B цілком міститься в A . Одним з найпростіших прикладів використання процедури ерозії є виключення з зображення несуттєвих за розміром деталей.

Цей алгоритм був обраний через його простоту, низькі вимоги до обчислювальної потужності і хорошою продуктивністю. Оскільки тестовий набір був зроблений в приміщенні, без різноманітних завад від невеликих рухомих елементів, таких як гілки дерев або плями світла і тіні, тому для виділення заднього фону досить простого алгоритму різниці кадрів (розподілених на минулим кадрам), який приведений вище.

Далі зображення оброблюється за допомогою алгоритму виявлення границь Кенні [40], щоб перетворити зображення в набір ребер. Цей алгоритм застосовувався тільки до області переднього плану, виявленої на попередньому етапі, щоб зберегти обчислювальну потужність. Цей алгоритм був обраний після порівняння його характеристик і результатів з фільтрами Харріса та Собела: дані алгоритми допускали неточність щодо виділення силуету людини в кадрі, а саме відсутність контурів при повороті особи на зображенні.

На наступному етапі необхідні зразки зображення виділяються за допомогою техніки ковзаючого вікна. Розмір ковзаючого вікна необхідно змінювати, оскільки відстань від об'єкта (вогнепальної зброї) до камери впливає на розмір об'єкта в кадрі. Для того, щоб обмежити кількість вхідних зображень для обробки ковзаючим вікном, оскільки цей процес є доволі ресурсовитратним, доцільно використовувати визначення глибини, наприклад, за допомогою камери з визначенням глибини. Оскільки в даній роботі існує обмеження на тестові дані, тому в даний аспект не використовується.

Далі необхідно провести стиснення даних для того, щоб на подальших кроках зменшити час на обробку. Зразки, отримані ковзаючим вікном, масштабувати до загального розміру 40×30 пікселів, створюючи вектор 1200 значень. Також видаляються будь-які зразки, що містять невелику кількість ребер (нижче 11%), як неінформативні.

Масштабовані зразки подаються на обробку методу головних компонент PCA [41], щоб зменшити розмірність вхідного вектора до 560 значень. Цей крок дозволяє скомпенсувати 3% чутливості і специфічності при чотириразового збільшення обчислювальної швидкості на фрейм: час на обробку одного вектору в 1200 значень становить приблизно 0.1092 мс, того ж саме вектору, але зменшеного до 560 значень становить 0.0352 мс.

Вектор 560-значень приходить на вхід нейронної мережі, що складається з 3 шарів. Мережа була побудована з використанням 560 нейронів у вхідному шарі, 200 нейронів у прихованому шарі і одного нейрона вихідного шару. Така мережа повинна забезпечувати високу чутливість і низьку специфічність.

На наступному етапі використовується дескриптор форми області MPEG-7 [37,38], щоб порівняти форму, знайдену в області, що обрана нейронною мережею, з дескриптором вогнепальної зброї, створеним з позитивних прикладів навчального сету.

Дескриптор форми на основі області проводить розподіл пікселів в двомірній області об'єкта; може описувати складні об'єкти, що складаються з декількох незв'язних областей, а також прості об'єкти з отворами або без них. Даний дескриптор складається з 140 біт, які містять коефіцієнти 35 кутових радіальних перетворень. Особливостями цього типу дескриптора є те, що:

- надається компактний і ефективний спосіб опису властивостей декількох непересічних областей одночасно;
- іноді в процесі сегментації об'єкт можна розділити на незв'язні області. Такий об'єкт все ще можна отримати, за умови, що інформація, в яку були розбиті області, зберігається і використовується під час вилучення дескриптора;
- дескриптор є надійним для шумів сегментації.

З кожної форми витягується набір коефіцієнтів F_{nm} , використовуючи формулу (2.8):

$$F_{nm} = \int_0^{2\pi} \int_0^1 V_{nm}^*(p, \theta), f(p, \theta) p dp d\theta, \quad (2.8)$$

де $f(p, \theta)$ – функція інтенсивності зображення в полярних координатах, а $V_{nm}^*(p, \theta)$ базис для порядку i [37].

Для порівняння дескрипторів зразка та вогнепальної зброї використовується евклідова метрика. Якщо відстань менше експериментально обраного порога, зразок є істинний позитивний.

На останньому етапі застосовується просторова й часова фільтрація. Вогнепальну зброю зазвичай видно в серії послідовних кадрів і припускається, що воно не буде сильно переміщатися по зображенню. Якщо об'єкт виявлений в заданому числі послідовних кадрів і в певному діапазоні від початкового виявлення, сигнал тривоги піднімається.

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ

В даному розділі приведений опис проектування системи. Приведений опис структурної та функціональної схем, UML модель сценаріїв використання системи, діаграма послідовності, діаграма розгортання.

3.1 Структурна схема системи

Структурна схема системи представлена в додатку А. Система складається з п'яти модулів:

- модуль інтерфейсу користувача;
- модуль розпізнавання;
- сенсорний модуль;
- модуль розмітки;
- модуль оновлення моделі.

В системі присутня база даних, що призначена для зберігання зображень, їх міток, що позначають наявність зброї на зображенні, та координати зброї на зображенні.

Модуль інтерфейсу користувача представляється як засіб для взаємодії оператора з системою. Цей модуль складається з окремих підсистем:

- підсистем масштабування зображення;
- підсистеми відображення повідомлення;
- підсистеми відображення зображення територій, що знаходяться під охороною.

Даний модуль поєднаний з модулем розпізнавання програмно.

Модуль розпізнавання представляє собою, по суті, ядро системи, оскільки здійснює основну функцію системи – розпізнавання. Цей модуль складається з окремих підсистем:

- підсистеми первинної обробки зображення;
- підсистеми розпізнавання;

- підсистеми повідомлення оператора.

Даний модуль представлений як частина програмного продукту.

Сенсорний модуль представлений власне камерами, які здійснюють захоплення зображення територій, що знаходяться під охороною, та передають дані в систему. Даний модуль зв'язується з модулем розпізнавання за допомогою локальної мережі LAN.

Модуль оновлення моделі надає спеціалісту з комп'ютерного зору засоби для покращення алгоритму розпізнавання. Цей модуль складається з окремих підсистем:

- підсистеми зв'язку з базою даних;
- підсистеми відображення та зміни параметрів моделі;
- підсистеми моніторингу моделі;
- підсистеми передачі нових параметрів моделі всім користувачам.

Модуль розмітки надає інженеру з розмітки інструменти для відмічення зображень з зброєю та без неї та інтерфейсу для роботи з базою даних.

Модулі розмітки, оновлення налаштування моделі та база даних для передачі даних між собою можуть використовувати протокол TCP/IP. За даним протокол також здійснюється зв'язок між модулем оновлення моделі та розпізнавання.

3.2 Функціональна схема системи

Функціональна схема системи представлена в **Додатку В**. Для більшої наглядності функції системи були поміщені в основні модулі системи, які описані в розділі 4.

В модулі інтерфейсу користувача представляється наступними компонентами: операторські налаштування камери, відображення зображення з камери, попередження про наявність зброї. Операторські налаштування камери виконують функцію управління камери, що надає змогу оператору змінювати масштаб зображення. Відображення зображення з камери надають оператору зображення територій, які знаходяться під охороною. Попередження про наявність

зброї надає оператору повідомлення про те, що на зображенні було розпізнано зброєю і оператору необхідно вжити певних заходів.

В модулі розпізнавання виконує основну функцію системи - розпізнавання. Даний модуль складається з компонентів формування команд для інтерфейсу та процедури розпізнавання. Формування команд для інтерфейсу представляє вже оброблені дані та перелає їх в модуль інтерфейсу користувача. Процедура розпізнавання виконує функцію власне розпізнавання та представляє собою обробку зображень з сенсорного модулю і формулює висновок про наявність зброї на зображенні, що в подальшому передаються в компонент формування команд для інтерфейсу. Також в даному модулі проводиться попередня первинна обробка зображення, тобто зображення представляється в чорно-білому кольорі, проводиться виділення заднього фону тощо.

Сенсорний модуль представлений власне камерами, які здійснюють функцію захоплення зображення територій, що знаходяться під охороною, та передають дані в систему.

Модуль оновлення моделі представлений такими функціональними компонентами, як процедура оновлення моделі та підмодулем взаємодії з даними та параметрами. Процедура оновлення моделі забезпечує власне зміну параметрів системи, а підмодуль взаємодії виконує функцію доступу до даних з бази даних та вже встановлених параметрів системи.

В модулі розмітки проводиться попередня класифікація зображень інженером з розмітки та власне розмітка для відмічення зображень з зброєю та без неї. Далі розмічені дані відправляються до бази даних.

3.3 Сценарії використання системи

Діаграма сценаріїв використання системи представлена в **Додатку А**. Власне діаграма виконана в нотації UML [45]. В системі представлено три актора: оператор системи, камера, системний адміністратор, інженер з розмітки та спеціаліст з комп'ютерного зору. Оператор є користувачем системи, він реагує на повідомлення

про наявність зброї в кадрі та вживає відповідних заходів. Камери забезпечують роботу системи, надають зображення оператору. Системний адміністратор проводить налаштування системи в цілому та технічного налаштування самих камер. Інженер з розмітки проводить розмітку нових даних для подальшого оновлення алгоритму системи. Спеціаліст з комп'ютерного зору проводить оновлення моделі алгоритму на основі нових розмічених даних та зміни параметрів алгоритму загалом для покращення роботи розпізнавання. Далі проводиться опис кожного сценарію у вигляді таблиці.

Опис сценарію використання системи «Авторизація в системі» представлений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Опис сценарію використання системи «Авторизація в системі»

Назва	Авторизація в системі
Ідентифікатор	0
Опис	Користувач авторизується в системі
Актори	Оператор, системний адміністратор
Переваги використання	Користувач має доступ до функціоналу системи
Частота використання	Кожний раз при використанні системи
Тригер	Натискання на кнопку авторизації
Передумова	Наявність на екрані форми авторизації
Постумова	Вхід в систему
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Після запуску системи відображається форма авторизації; 2. користувач вводить ім'я та пароль в відповідні поля; 3. користувач натиснув кнопку авторизації; 4. перевірка введених даних з даними в базі даних; 5. користувач входить в систему.
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Після запуску системи відображається форма авторизації; 2. користувач вводить ім'я та пароль в відповідні поля; 3. користувач натиснув кнопку авторизації; 4. дані користувача не збігаються з даними в базі даних; 5. з'являється повідомлення про неправильність введених даних
Винятки	Користувач ввів неправильні дані, отримання повідомлення про помилку

Опис сценарію використання системи «Авторизація в системі» представлений в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Опис сценарію використання системи «Перегляд зображення охороняємої території»

Назва	Перегляд зображення охороняємої території»
Ідентифікатор	1
Опис	Користувач має змогу переглядати зображення територій, що знаходиться під охороною
Актори	Оператор
Переваги використання	Користувач має змогу переглядати зображення територій, що знаходиться під охороною
Частота використання	Кожен раз після авторизації
Тригер	Відображення головного екрану
Передумова	Закінчення авторизації та перехід до головного екрану
Постумова	Наявність на екрані зображення територій, що знаходиться під охороною
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none">1. З бази даних визначаються ідентифікатори камер, які може переглядати користувач;2. зображення з камер передаються на головний екран;3. користувач бачить зображення територій, що знаходиться під охороною.
Альтернативний порядок дій	-
Винятки	Зображення території, що знаходиться під охороною, на відображається по причині несправності камери, отримання повідомлення про помилку

Опис сценарію використання системи «Масштабування зображення» представлений в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Опис сценарію використання системи «Масштабування зображення»

Назва	Масштабування зображення
Ідентифікатор	2
Опис	Користувач має змогу масштабувати зображення вибраної камери
Актори	Оператор, камера
Переваги використання	Користувач має змогу збільшити зображення для ідентифікації потрібних йому деталей
Частота використання	Кожен раз при потребі збільшення зображення
Тригер	Натиснення на кнопку масштабування
Передумова	Вибір необхідної камери
Постумова	Зображення вибраної камери збільшується
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none">1. Користувач вибирає зображення камери, яке хоче збільшити;2. користувач натискає на кнопку масштабування;3. зображення вибраної камери збільшується.
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none">1. Користувач вибирає зображення камери;2. користувач не натискає на кнопку масштабування.
Винятки	-

Опис сценарію використання системи «Перегляд інформації про охороняему територію» представлений в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Опис сценарію використання системи «Перегляд інформації про охороняєму територію»

Назва	Перегляд інформації про охороняєму територію
Ідентифікатор	3
Опис	Користувач має змогу переглянути інформацію про територію, що знаходиться під охороною (ідентифікатор території, номер камери тощо)
Актори	Оператор
Переваги використання	У користувача є змога переглянути необхідну йому інформацію про територію, що знаходиться під охороною
Частота використання	Кожен раз при натисненні кнопки перегляду інформації
Тригер	Натиснення кнопки перегляду інформації
Передумова	Вибір необхідної камери
Постумова	Відкриття форми з представленням необхідної інформації
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач вибирає камеру; 2. користувач натискає на кнопку отримання інформації; 3. на екрані відображається необхідна інформація.
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач вибирає зображення камери; 2. користувач не натискає на кнопку масштабування.
Винятки	Зображення території, що знаходиться під охороною, на відображається по причині несправності камери, отримання повідомлення про помилку

Опис сценарію використання системи «Управління камерами» представлений в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Опис сценарію використання системи «Управління камерами»

Назва	Управління камерами
Ідентифікатор	4
Опис	Користувач має змогу управляти камерами
Актори	Оператор
Переваги використання	Користувач має змогу налаштовувати камери так, як вважає потрібним
Частота використання	Кожен раз, коли користувач хоче змінити налаштування вибраної камери
Тригер	Натиснення кнопки управління камерою
Передумова	Вибір необхідної камери
Постумова	Відкриття меню управління камерою
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none">1. Користувач вибирає камеру;2. користувач натискає на кнопку меню управління;3. на екрані відображається меню управління.
Альтернативний порядок дій	-
Винятки	-

Опис сценарію використання системи «Повідомлення про наявність зброї в кадрі» представлений в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Опис сценарію використання системи «Повідомлення про наявність зброї в кадрі»

Назва	Повідомлення про наявність зброї в кадрі
Ідентифікатор	5
Опис	Система повідомляє користувача про розпізнання зброї на зображенні
Актори	Оператор
Переваги використання	Користувач повідомлений про виявлену зброю на зображенні та вживає необхідних заходів
Частота використання	Кожен раз, коли система розпізнає зброю на зображенні
Тригер	Наявність зброї на зображенні
Передумова	Користувач авторизувався
Постумова	Відображення повідомлення про наявність зброї
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач авторизувався; 2. система розпізнає на зображенні зброю; 3. на екрані відображається повідомлення про наявність зброї.
Альтернативний порядок дій	-
Винятки	-

Опис сценарію використання системи «Зміна налаштувань камери та системних конфігурацій системи» представлений в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Опис сценарію використання системи «Зміна налаштувань камери та системних конфігурацій системи»

Назва	Зміна налаштувань камери та системних конфігурацій системи
Ідентифікатор	6
Опис	Можливість зміни налаштувань камери та системних конфігурацій системи
Актори	Системний адміністратор
Переваги використання	У користувача є можливість налаштування камери та системних конфігурацій системи
Частота використання	Кожен раз, коли виникає необхідність зміни системних конфігурацій, встановлення нової камери
Тригер	Необхідність зміни системних конфігурацій
Передумова	Авторизація користувача як системний адміністратор
Постумова	Відображення консолі для зміни конфігурацій, налаштувань камери
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач авторизувався; 2. відображення консолі; 3. відображення наявних команд для роботи з системою.
Альтернативний порядок дій	-
Винятки	Несправності камери, отримання повідомлення про помилку

Опис сценарію використання системи «Записати вихідне зображення з камери» представлений в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Опис сценарію використання системи «Записати вихідне зображення з камери»

Назва	Записати вихідне зображення з камери
Ідентифікатор	7
Опис	Можливість записати останні 10 хв вихідного зображення з вибраної камери
Актори	Оператор, камера
Переваги використання	Можливість запису важливих подій
Частота використання	Кожен раз, коли виникає необхідність записати останні 10 хв вихідного зображення з вибраної камери
Тригер	Необхідність запису вихідного зображення з вибраної камери
Передумова	Вибір необхідної камери
Постумова	Відображення повідомлення про збереження записаного відео
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач вибрав необхідну камеру; 2. користувач натиснув кнопку збереження відео; 3. відображення повідомлення про збереження записаного відео.
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач вибрав необхідну камеру; 2. користувач натиснув Ctrl + C; 3. відображення повідомлення про збереження записаного відео.
Винятки	Відсутність шляху до папки з відеозаписами відсутній, отримання повідомлення про помилку

Опис сценарію використання системи «Відтворити записане вихідне зображення з камери» представлений в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Опис сценарію використання системи «Відтворити записане вихідне зображення з камери»

Назва	Відтворити записане вихідне зображення з камери
Ідентифікатор	8
Опис	Можливість відтворити записані останні 10 хв вихідного зображення з вибраної камери
Актори	Оператор, камера
Переваги використання	Можливість відтворення відео при необхідності
Частота використання	Кожен раз, коли виникає необхідність відтворити записані останні 10 хв вихідного зображення з вибраної камери
Тригер	Необхідність відтворення зображення з вибраної камери
Передумова	Вибір необхідної камери
Постумова	Відображення відео
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач натиснув кнопку відтворення; 2. (9).
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач натиснув кнопку відтворення; 2. користувач закрив меню вибору записаного відео.
Винятки	Відсутність шляху до папки з відеозаписами відсутній або відео було пошкоджене, отримання повідомлення про помилку

Опис сценарію використання системи «Вибрати записане вихідне зображення з камери» представлений в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Опис сценарію використання системи «Вибрати записане вихідне зображення з камери»

Назва	Вибрати записане вихідне зображення з камери
Ідентифікатор	9
Опис	Можливість вибрати записане вихідне зображення з камери з локального сховища
Актори	Оператор
Переваги використання	Можливість вибору відео для відтворення при необхідності
Частота використання	Кожен раз, коли виникає необхідність відтворити записані останні 10 хв вихідного зображення з вибраної камери
Тригер	Виклик меню відтворення відео
Передумова	Вибір необхідної камери
Постумова	Відображення відео
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач знаходиться в меню відтворення; 2. користувач вибирає необхідне відео; 3. відображення вибраного відео.
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач закрив меню вибору записаного відео.
Винятки	-

Опис сценарію використання системи «Перевірка поточного стану системи та камер» представлений в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Опис сценарію використання системи «Перевірка поточного стану системи та камер»

Назва	Перевірка поточного стану системи та камер
Ідентифікатор	10
Опис	Можливість перевірки поточного стану системи та камер
Актори	Системний адміністратор
Переваги використання	Можливість перевірки поточного стану системи
Частота використання	Кожен раз, коли виникає необхідність перевірки стану системи, при встановлені та підключені камери
Тригер	Виклик команди про стан системи
Передумова	Авторизація користувача як системний адміністратор
Постумова	Відображення стану системи
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач авторизувався; 2. відображення консолі; 3. користувач натиснув Ctrl+B; 4. відображення стану системи
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Користувач закрив меню вибору записаного відео; 2. відображення консолі; 3. користувач вводить команду; 4. відображення стану системи.
Винятки	-

Опис сценарію використання системи «Розмітка зображень» представлений в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Опис сценарію використання системи «Розмітка зображень»

Назва	Розмітка зображень
Ідентифікатор	11
Опис	Можливість розмітки нових даних
Актори	Інженер з розмітки
Переваги використання	Можливість розмітки нових даних для покращення роботи системи в цілому
Частота використання	Кожен раз, коли знайдені нові дані, які можуть вплинути на роботу системи
Тригер	Поява нових даних
Передумова	Наявність зображень для розмітки
Постумова	(12)
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формування пакету нових зображень; 2. користувач помічає зображення як зображення зі зброєю; 3. користувач помічає координати зброї на зображенні; 4. мітка про наявність зброї на зображенні, зображення та координати зброї зберігаються в базі даних.
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Формування пакету нових зображень; 2. користувач помічає зображення як зображення зі зброєю; 3. мітка про відсутність зброї на зображенні та зображення зберігаються в базі даних.
Винятки	Відсутність підключення до бази даних, пошкоджене зображення, отримання повідомлення про помилку

Опис сценарію використання системи «Оновлення моделі» представлений в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Опис сценарію використання системи «Оновлення моделі»

Назва	Оновлення моделі
Ідентифікатор	12
Опис	Можливість оновлення моделі алгоритму
Актори	Спеціаліст з комп'ютерного зору
Переваги використання	Можливість оновлення моделі алгоритму на основі нових розмічених даних та зміні параметрів для покращення роботи системи в цілому
Частота використання	Кожен раз, коли знайдені нові дані, які можуть вплинути на роботу системи
Тригер	Поява нових даних
Передумова	(11)
Постумова	Оновлення модулю розпізнавання
Основний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. (11); 2. користувач змінює параметри моделі; 3. користувач завантажує з бази даних нові розмічені дані; 4. користувач запускає процес оновлення моделі; 5. параметри нової моделі як оновлення відправляються всім програмним продуктам, які використовують для розпізнавання.
Альтернативний порядок дій	<ol style="list-style-type: none"> 1. (11); 2. користувач завантажує з бази даних нові розмічені дані; 3. користувач запускає процес оновлення моделі; 4. параметри нової моделі як оновлення відправляються всім програмним продуктам.
Винятки	Відсутність підключення до бази даних, пошкоджене зображення, отримання повідомлення про помилку

3.4 Діаграма послідовності

Діаграма послідовності представлена в **Додатку Ж**. В якості об'єктів на даній діаграмі виступають:

- оператор;
- камера;
- система;
- модуль розпізнавання;
- база даних.

На першому етапі оператор здійснює введення логіну та паролю в систему. Ці дані передаються в систему для перевірки введених даних. Система здійснює перевірку отриманих даних шляхом відправки запиту до бази даних про наявність даних цього користувача. Після отримання відповіді з бази даних проводиться перевірка користувача шляхом порівняння даних, отриманих від користувача та від бази даних. В разі успішної перевірки для користувача проводиться ініціалізація передачі зображення з камери. Зображення з камер в подальшому передаються в систему, після чого система відправляє отримане зображення оператору. Зображення з камер передається безперервно.

Як тільки в кадрі камери з'являється людина, метод розпізнавання розпочинає власне процес розпізнавання. Після обробки в разі відсутності зброї система не приймає ніяких даних, а в разі ідентифікації зброї в систему передаються дані про наявність зброї, система формує повідомлення про наявність зброї та відправляє його оператору.

3.5 Діаграма розгортання системи

Діаграма розгортання представлена в **додатку К**.

Перший вузол діаграми – робоче місце оператора, яке представлено персональним комп'ютером. На даному пристрої проводить розгортання додатку, який відображає зображення з камер через Ethernet з'єднання. Робоче місце

оператора спілкується з веб-сервером обробки, що представляє інший вузол, для власне авторизації в системі та передачі параметрів оновленої системи. Сервер передає дані серверу бази даних, на якому розгорнуті PostgreSQL, призначеного для зберігання розмічених даних.

3.6 Вибір та обґрунтування елементів та технологій

В даному підрозділі описаний обґрунтований вибір мови програмування, за допомогою якої реалізована модель системи та супутні технології й бібліотеки, що були використані при реалізації.

В якості мови програмування була вибрана мова Python. Python - інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня зі строгою динамічною типізацією, що була розроблена в 1990 році Гвідо ван Россумом. Python підтримує динамічну типізацію та автоматичне керування пам'яттю [46]. Він підтримує декілька парадигм програмування, включаючи об'єктно-орієнтовану, імперативну, функціональну та процедурну та має велику стандартну бібліотеку, що підтримує функції та методи роботи зі списками, кортежами, векторами, операційною системою в цілому, файловою системою тощо.

В якості основної мови програмування для реалізації був використаний саме Python через те, що він є зручною мовою з точки зору написання коду, надає бібліотеку для роботи з масивами numpy, оскільки в вигляді багатовимірних масивів представлені зображення, що надходять з камер, підтримує фреймворк OpenCV для обробки зображень, бібліотеку для роботи методу головних компонент (PCA) та бібліотеки для tensorflow та keras для роботи з нейронними мережами та методами їх навчання.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – бібліотека програмного забезпечення для комп'ютерного зору та машинного навчання з відкритим вихідним кодом [47]. Дана бібліотека була створена для забезпечення загальної інфраструктури для додатків комп'ютерного зору та для прискорення використання

машинного розпізнавання в комерційних продуктах. OpenCV є BSD-ліцензованим продуктом, що дозволяє легко використовувати та модифікувати код.

Бібліотека має близько 2500 оптимізованих алгоритмів, які включають в себе повний набір як класичних, так і сучасних алгоритмів комп'ютерного зору та машинного навчання. Ці алгоритми можуть використовуватися для знаходження і розпізнавання облич, ідентифікації об'єктів, класифікації дій особи в відео, відслідковувати рух камери, відслідковувати об'єкти, що перебувають в русі, виділення трьохвимірних моделей об'єктів, створення трьохвимірних множин точок із стерео камер, об'єднання зображення для отримання зображення високої роздільної здатності, зображення всієї сцени, пошуку схожих зображень з бази даних зображень, видалення ефекту «червоних очей» з зображення, які були зроблені за допомогою спалаху, відслідковування руху очей, розпізнавання пейзажів та встановлення маркерів для використання їх в техніці доповненої реальності тощо. Бібліотека широко використовується в різних компаніях, дослідних групах та державних закладах.

В даній роботі була використана саме бібліотека OpenCV, оскільки в системі основною мовою програмування була вибрана Python і OpenCV підтримує дану мову. Також причиною такого вибору стало те, що бібліотека підтримує методи для роботи з відео потоками, методами для перетворення кольорового зображення в чорно-біле, стандартні методи для виділення границь знаходження об'єкта за його контуром, проведення операцій ерозії та діляції з зображенням.

MPEG-7 - стандарт опису мультимедійного контенту. MPEG-7 є стандартом ISO/IEC, розробленим MPEG (Moving Picture Experts Group), комітетом, який розробив стандарти MPEG-1, MPEG-2 і MPEG-4. Стандарти MPEG -1 і MPEG-2 уможливили записи інтерактивного відео на CD-ROM і відтворення цифрового телебачення. Стандарт MPEG-4 надає стандартизовані технологічні елементи, що дозволяють інтеграцію парадигм виробництва, розсилання і доступу до вмісту в області цифрового телебачення, інтерактивної графіки і інтерактивного мультимедіа.

MPEG-7 формально називається "Мультимедіа-інтерфейс для опису вмісту" (Multimedia Content Description Interface), та основою цілю є стандартизація опису мультимедійного матеріалу, що підтримує певний рівень інтерпретації сенсу інформації, яка може бути передана для обробки ЕОМ. Стандарт MPEG-7 не орієнтований на якусь конкретну програму, він стандартизує деякі елементи, які розраховані на підтримку якомога ширшого кола додатків.

Головними елементами стандарту MPEG-7 є:

- дескриптори, що представляють характеристики, які визначають синтаксис та семантику подання кожної з характеристик;
- схеми опису (Description Scheme), які специфікують структуру і семантику взаємодії між компонентами;
- мова опису визначень (Description Definition Language), що дозволяє створювати нові схеми опису і, можливо, дескриптори і забезпечує розширення і модифікацію існуючих схем опису;
- системні засоби служать для підтримки мультиплексування описів, синхронізації описів і матеріалу, механізмів передачі, кодових уявлень (як текстуальних, так і двійкових форматів) для ефективного запису й передачі, управління і захисту інтелектуальної власності в описах MPEG-7.

Дескриптори стандарту MPEG-7 надають комплексну інформацію про особливості, характерні для ножів та пістолетів, зображення яких були використані в даній роботі в якості прикладів зброї. Також дані дескриптори використовують малу кількість інформації для описання характеристик зображення, та представлений стандартною бібліотекою [48].

4 ОЦІНКА ЯКОСТІ МОДЕЛІ

4.1 Експериментальні дослідження алгоритму розпізнавання ножів

Зображення були обрізані з вихідних кадрів з використанням методу ковзаючого вікна. Розмір вікна був встановлений 100×100 пікселів кожен. Такі приклади зображень відповідають умові і якості реальних записів камер, які часто розмиті та мають малу роздільну здатність, а об'єкт для розпізнавання малого розміру.

База даних складається з двох класів зображень (позитивні і негативні приклади) [42]. Позитивні приклади (PE) відображають ніж, що тримають в руці. Ніж, який тримають в руці, вважається небезпечною ситуацією. Негативні приклади (NE) відображають відсутність ножів на зображенні. NE перевершує PE, щоб охопити якомога більше випадків. NE зображення були зроблені в аналогічних умовах, як зображення PE.

Весь набір даних складається з 12 899 зображень, розділених на 9340 NE і 3559 зображень PE. Деякі зображення були зроблені в закритому приміщенні, а деякі з них були зроблені через вікно автомобіля на вулиці. Приклади зображень представлені на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Позитивні та негативні приклади

4.2 Результати дослідження алгоритму розпізнавання ножів

Алгоритм виявлення ножа був навчений і протестований на наборі даних, описаному вище. Щоб знайти найкращі параметри SVM, був використаний алгоритм пошуку сітки, керуючись чотирма результатами крос-валідації. Було виявлено, що найкращі результати були отримані для $\gamma = 0,006$ і $\nu = 0,09$ для характеристик крайової гістограми, $\gamma = 0,05$ і $\nu = 0,4$ для однорідних текстурних ознак, $\gamma = 0,002$ і $\nu = 0,08$ для дескриптора форми на основі області, де γ - параметр ядра, а ν - параметр, контролюючий кількість опорних векторів. В якості програмного опису дескрипторів використовувалась бібліотека MPEG-7 [28], яка надає методи для генерації крайової гістограми, дескрипторів однорідних текстур та форми на основі області.

Результати представлені в трьох таблицях: Таблиця 4.1 відображає результати для дескриптора крайової гістограми, таблиця 4.2 для дескриптора однорідної текстури, таблиця 4.3 для дескриптора форми на основі області.

Таблиця 4.1 – Результати для дескриптора крайової гістограми

	Позитивні приклади	Негативні приклади
Істинні спрацювання	78,11%	90,76%
Хибні спрацювання	7,21%	35,25%

Таблиця 4.2 – Результати для дескриптора однорідної текстури

	Позитивні приклади	Негативні приклади
Істинні спрацювання	91,06%	94,83%
Хибні спрацювання	5,03%	14,38%

Таблиця 4.3 – Результати для дескриптора форми на основі області

	Позитивні приклади	Негативні приклади
Істинні спрацювання	64,09%	73,52%
Хибні спрацювання	13,38%	33,37%

Результати показують, що дескриптор однорідної текстури краще розпізнає зображення ножа, оскільки кількість негативних прикладів, які були розпізнані правильно (так звана специфічність), становить 94,83% і всього лише 5,03% помилкових спрацювань означає, що кількість помилкових тривог зводиться до мінімуму. Чутливість становить 91,06%. У порівнянні з іншими методами запропонований алгоритм також забезпечує кращу точність, ніж, наприклад, [43, 44], де чутливість становить 81% та 86,04% відповідно. Результати для крайової гістограми та дескриптора форми на основі області показують гірші результати: чутливість для крайової гістограми становить 78,11%, форми на основі області – 64,09%. Однак, дескриптор крайової гістограми можна використовувати для фільтрації помилкових тривог завдяки низькій кількості помилкової тривоги (7,21%) і відносно високій специфічності (90,76%). Цифри, наведені для хибних сигналів тривоги, були отримані при поверненні SVM тільки найбільш ймовірного класу (в даному випадку – наявності ножа або відсутності). У реальних системах відеоспостереження SVM може бути легко параметризована для зниження

швидкості помилкової тривоги, тобто шляхом зміщення порогу ймовірності для виявлення ножа в бік більш високих значень. У такому випадку рішення буде мати значно більш високу специфічність (як заведено близько до 100%) за рахунок більш низької чутливості. У реальних системах відеоспостереження низька чутливість означає, що ніж не буде виявлений в кожному окремому кадрі. Це не є проблемою через відносно велику кількість фреймів, які містять ніж, навіть якщо він з'являється тільки на кілька секунд.

4.3 Експериментальні дослідження алгоритму розпізнавання пістолетів

Для виявлення пістолетів для відеокамер спостереження були підготовлені навчальні та тестові датасети. Обидва набори були створені шляхом зйомки серії записів CCTV з актором.

Для тренувального набору позитивні приклади для навчання алгоритмів були обрані вручну з фреймів, що містять вогнепальну зброю. Крім того, негативні зразки навчання були обрані з кадрів, в яких не було видно вогнепальної зброї. Для набору тестів був відзначений кожен кадр, що містить вогнепальну зброю, включаючи область кадру, в якій була вогнепальна зброя. Це дозволило створити детальний навчальний датасет для оцінки чутливості і специфіки алгоритму.

Набір для навчання і тестування був такого становить 7500 кадрів. Шістдесят відсотків кожного набору склалися з негативних прикладів (що не містять вогнепальної зброї), тоді як 40% містили позитивні приклади (вогнепальна зброя, як видиме оператору). Розмір набору був обмежений фізичною стомленістю ручного маркування вогнепальної зброї на кожному кадрі. Кадр з одного з роликів представлено на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Кадр ролику з актора з вогнепальною зброєю

4.4 Результати дослідження алгоритму розпізнавання пістолетів

Алгоритм виявлення пістолетів був навчений і протестований на наборі даних, описаному вище. В якості програмного опису дескрипторів використовувалась бібліотека MPEG-7 [28], яка надає методи для генерації дескриптору форми на основі області. Результати представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Результати для розпізнавання пістолетів

	Кадри зі зброєю	Кадри без зброї
Кількість кадрів	3024	4476
Чутливість	97,76%	99.32%

Для фільму, який не містить небезпечного об'єкта, ми отримуємо специфічність 99,32%. Хоча чисельно це відмінний результат, на практиці це

означає, що система буде розпізнавати приблизно 50 небезпечних ситуацій з 100. Це робить таку систему непридатною для використання в реальних сценаріях. Для коригування результатів були змінені параметри часової фільтрації, тобто збільшений час буферизації з 0.5 с до 2 с. Результати представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Результати для розпізнавання пістолетів після коригування

	Кадри зі зброєю	Кадри без зброї
Кількість кадрів	3024	4476
Чутливість	84,32%	100%

Було відзначено значне зниження чутливості для кадрів, що містять небезпечні об'єкти. Хоча алгоритм пропускає певну кількість кадрів з небезпечними об'єктами, але система не генерує помилкові тривоги для кадрів без вогнепальної зброї, що робить його корисним і цінним засобом відеоспостереження. Точність розпізнавання менша, ніж в роботі [49], але забезпечує меншу кількість помилкових спрацювань.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

В даному розділі проводиться опис стартап проекту.

5.1 Опис ідеї проекту

Ідея проекту даної роботи – розробити програмний додаток, який здійснює розпізнавання зброї на зображенні камери відеонагляду. В разі розпізнавання додаток повинен повідомити користувача про наявність зброї. Узагальнення цих ідей можна побачити в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
	Розпізнавання зброї	Запобігання небезпечних ситуацій, підвищення безпеки, захист здоров'я
	Автоматичний запис при виявленні зброї на зображенні	Використання в наукових цілях (датасет для розпізнавання), запобігання небезпечних ситуацій в майбутньому

Основними конкурентами даного проекту є системи для розпізнавання зброї. На даний момент таких систем доволі мало і в більшості вони представлені як комплекси металодетекторів. Порівняння даного проекту такими система представлено в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів			Слабка сторона	Нейтральна сторона	Сильна сторона
	Мій проект	Система на основі радіолокації	Система розпізнавання на основі металодетекторів			
Попередження про наявність зброї	Присутнє	Присутнє	Присутнє	-	-	+
Наявність додатку	Присутній	Присутній	Відсутній	-	-	+
Наявність фіксації ситуації при розпізнаванні для подальшої обробки	Присутня	Відсутня	Відсутня	-	-	+
Наявність додаткового апаратного забезпечення	Відсутня	Присутня	Присутня	-	-	+
Розмір клієнтської бази	Жодного	3.56 тис.	10 тис.	+	-	-

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Оскільки проект є більше програмною проблемою, то більшість технологій для його створення є доступною для розробки. Технології, що доцільно використовувати можна побачити на таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Експертна система	Мови загального програмування	У відкритому доступі є, наприклад, такі: Python, C++	Вільні для використання
Процедери розпізнавання	Мови загального програмування, фреймворки комп'ютерного зору та машинного навчання	У відкритому доступі є, наприклад, такі: Python, C++, OpenCV, Keras, Tensorflow	Вільні для використання
Веб-сайт	Спеціальні мови програмування	Java Script, Node	Вільні для використання
Десктопний додаток	Мови та середовища розробки	C++, Qt, Python, PyCharm	Вільні для використання
Обрані технології реалізації: Python, Tensorflow, Keras, OpenCV			

5.3 Аналіз ринкових можливостей стартап проекту

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту та характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту представлені в таблиці 5.4 та таблиці 5.5 відповідно.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1500 грн/ум. од.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Недискримінаційні якісні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	70%

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Потреба в розпізнаванні зброї	1. Малий бізнес 2. Середній бізнес	Потребують розпізнавання в різних умовах (в приміщенні, на вулиці)	Точність розпізнавання Збільшення об'єктів, що можуть бути розпізнані як потенційно небезпечні
2.	Потреба покращення роботи охоронного персоналу	1. Малий бізнес 2. Середній бізнес	Різна апаратна забезпеченість, кваліфікація персоналу	Точність розпізнавання Швидкодія роботи Забезпечення зручного та вчасного отримання повідомлення про небезпеку

Фактори загроз та фактори можливостей представлені в таблиці 5.6 та в таблиці 5.7 відповідно.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Крадіжка інтелектуальної власності	Крадіжка ідеї або ключової інтелектуальної інновації	Відсудження прав інтелектуальної власності Забезпечення якіснішого захисту інформації Зміна методики шифрування приватного ключа Попередження користувачів із подальшою співпрацею для мінімізації фактор загрози
2.	Отримання несанкціонованого доступу сторонніми особами	Хакерська атака що може призвести до компрометації даних клієнтів	Залучення спеціалістів з інформаційної безпеки Використання засобів шифрування та резервного копіювання
3.	Відсутність ринку	Відсутність шляху збуту товару внаслідок помилкового орієнтування	Ретельний розгляд проблем потенційних клієнтів Залучення експертів та менторів Консультації із спеціалістами
4.	Недостача капіталовкладень	Витрачені усі кошти до моменту виходу на ринок	Пошук нових джерел інвестицій
5	Припинення роботи апаратних засобів	Несправність в роботі камер спостереження через фізичний впли	Закупка нових камер

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Отримання інвестицій	Отримання капіталу що необхідний для реалізації продукту	Розробка продукту
2.	Успішна маркетингова політика	В результаті проведеної маркетингової політики отримана висока зацікавленість користувачів	Підтримка стабільної роботи системи та проведення масштабування системи Збільшення цін на використання сервісу Використання подібної маркетингової стратегії надалі для залучення нових користувачів
3.	Поглинання конкурентами	Пропозиція купівлі проекту або розроблених технологій одним із конкурентів	Розвиток розроблених технологій Оцінка вартості розроблених технологій

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку та аналіз конкуренції в галузі за М. Портером представлені в таблиці 5.8 та таблиці 5.9 відповідно.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Олігополія	Незначна кількість конкурентів Велика ринкова сила Схожість використовуваних технологій	Інформування ринку щодо появи нової платформи управління хмарною інфраструктурою
Внутрішньогалузева	Діяльність в одній галузі економіки Надання сервісів одного типу	Зменшення вартості сервісу Примноження каналів розподілу
Товарно-видова	Надання різних сервісів одного типу	Маркетингова політика
Цінова	Використання цін для покращення економічних умов збуту	Зменшення вартості платформи Використання нових каналів розподілу

Таблиця 10.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари- замінники
Складові аналізу	Система на основі радіолокації, система розпізнавання на основі метало детекторів	Розмір капіталовкладень, доступ до каналів розподілу, впізнаваність на ринку	Відсутні	Змінні витрати: виробничі непрямі дегресивні; -системи інформації: пропаганда, реклама та директ- маркетинг; -рівень чутливості до цін: споживачі орієнтовані на цінність продукту; -продуктова диференціація: якість; Методи контролю якості: тестування та профілювання,	Копіювання функціоналу, монополізація дистриб'юторів, демпінгування
Висновки	Інтенсивна конкуренція, монополізація ринку збуту	Можливості входу на ринок забезпечить мінімізація цін. швидкість та простота надавання послуги споживачам і співпраця із головними гравцями ринку. В результаті аналізу проектів на народно- громадських інтернет- платформах потенційних конкурентів знайдено не було	Відсутні	Клієнти диктують якість забезпечення сервісу, його доступність	Пропонування вигідних умов дистриб'ютора м, гнучкість цінової політики

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності, порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Візир» та SWOT- аналіз стартап-проекту представлені в таблиці 5.10, таблиці 5.11 та таблиці 5.12 відповідно.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Унікальність сервісу	Розроблений продукт має унікальне співвідношення ціна / якість для свого цінового діапазону
2.	Цінова політика	Отримання прибутку здійснюється за рахунок гнучкої моделі оплати

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Візир»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з Adimas						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Унікальність сервісу	14						+	
2.	Цінова політика	13					+		

Таблиця 5.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Якість та довготривалість Низькі ціни	Слабкі сторони: Нестача капіталовкладень Бізнес-модель залежить від політики окремих бізнесів
Можливості: Інвестиції Реалізація бізнес-моделі Розширений функціонал	Загрози: Отримання несанкціонованого доступу сторонніми особами Припинення роботи апаратних засобів Відсутність ринку

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту представлені в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Розробка власного алгоритму розпізнавання	Ймовірне	24 місяців
2.	Маркетингова кампанія для приваблювання користувачів	Малоймовірне	6 місяці
3.	Пропонування безкоштовних тарифів	Малоймовірне	1 місяці
Обрана альтернатива: Розробка власного алгоритму розпізнавання			

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Вибір цільових груп потенційних споживачів та визначення базової стратегії розвитку представлені в таблиці 5.14 та в таблиці 5.15 відповідно.

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Охоронний сегмент середнього бізнесу	Висока	78%	Середня	Низькі бар'єри входу
2.	Магазини роздрібної торгівлі середнього бізнесу	Висока	65%	Середня	Низькі бар'єри входу
3.	Компанії великого бізнесу	Мала	35%	Середня	Високі бар'єри входу
Які цільові групи обрано: охоронний сегмент середнього бізнесу, магазини роздрібної торгівлі середнього бізнесу					

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Надання платформи малому та середньому бізнесу	Вибірковий розподіл	Здатність протистояти прямим конкурентам Низькі витрати Ефективна співпраця	Стратегія диференціації

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки та визначення стратегії позиціонування представлені в таблиці 5.16 та в таблиці 5.17 відповідно.

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Забирати та залучати нових	Веб-інтерфейс керування інфраструктурою Інтелектуальних розподіл обчислювальних ресурсів	Стратегія лідера. Розширення первинного попиту

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспромож ні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Відповідність затвердженим характеристикам Висока ступінь надійності системи Простий інтерфейс Гнучка цінова політика Оперативна підтримка продукту	Стратегія диференціації	Формування регулярного попиту Збільшення разового використання послуги Виявлення нових груп споживачів Нові напрями застосування існуючої послуги	Інноваційність технології Низькі ціни Простота використання

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару та опис трьох рівнів моделі товару представлені в таблиці 5.18 та в таблиці 5.19.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Потреба в розпізнаванні зброї	Користувач може бути проінформований про наявність особи зі зброєю на території, що знаходиться під охороною	Якість надання послуг Простота використання Цінова перевага Зручність користування
2	Підвищення покращення роботи охоронного персоналу	Підвищення якості роботи охоронного персоналу	Якість надання послуг

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Програмний продукт що надає можливість розпізнавати зброю на зображенні з камер відеонагляду		
	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Кількість		1 шт.
	Якість: стандарти якості постачання програмних продуктів		
	Пакування: через веб-інтерфейс		
	Марка: Візир		
	Програмний продукт		
	Програмний продукт, технічна підтримка та підписка на оновлення		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності			

Визначення меж встановлення ціни та формування системи збуту представлені в таблиці 5.20 та 5.21 відповідно.

Таблиця 5.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	5 тис. грн. – 10 тис. грн	5 тис. грн. – 100 тис. грн	20 000 грн./міс.	1.5 - 2.5 тис. грн

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Закупівля здійснюється через довірені джерела	Інформування користувачів Доступ користування сервісом	Канал одного рівня	Селективна з використанням комбінованого каналу збуту

Концепція маркетингових комунікацій представлена в таблиці 5.22.

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цілових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цілові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонуван ня	Завдання рекламного повідомлення	Концепція реklamного звернення
1	Автоматиза ція процесу розпізнаванн я Вимоги до високодосту пності та відмовостійк ості	Прямі офіційні	Послідовніст ь в реалізації обраної позиції Доступність та об'єктивність інформації про фірму і товар Унікальність послуги	Формування у цільової аудиторії обізнаності про появу нового продукту Інформування користувачів про властивості та переваги продукту Інформування користувачів про нові способи використання відомого продукту Пояснення цільовій аудиторії принципу роботи платформи Виправити у користувачів неправильні представлення про продукт	Раціоналістична стратегія реклами

ВИСНОВКИ

В даній магістерській дисертації була проведена спроба вирішення проблеми зменшення ймовірності небезпеки за рахунок збільшення точності розпізнавання зброї для систем відеоспостереження на об'єктах, що знаходяться під охороною. Для розв'язання даної проблеми були використані методи комп'ютерного зору.

Після проведення аналізу існуючих рішень було виявлено, що розроблені алгоритми не забезпечують необхідної точності розпізнавання або використовують додаткове апаратне забезпечення, що не завжди є економічно вигідним. Також було виявлено, що записи камер, як правило, мають низьку якість, страждають від розмитості, недостатньою і надмірної експозиції, артефактів стиснення і інших, а також в дійсності відео записи зазвичай мають низьку роздільну здатність через невисоку якість апаратного забезпечення. Тому алгоритм повинен працювати з зображенням низької роздільної здатності, а також забезпечувати мінімальну кількість помилкових спрацювань.

На основі отриманих результатів були сформовані вимоги до системи. Далі були розроблені діаграма використання системи, функціональна та структурні схеми, які надають більш глибоке представлення роботи системи.

Далі була проведена розробка моделі розпізнавання зброї. В якості зброї були використані зображення ножів та пістолетів. Точність алгоритму розпізнавання ножів складає 91%, точність алгоритму розпізнавання пістолетів становить 85%. Дані показники є прийнятними в порівнянні з іншими роботами.

Далі були розроблені діаграми розгортань та послідовності для пояснення роботи системи. Далі був приведений обґрунтований вибір вибраних технологій для реалізації системи. На основі зроблених напрацювань був розроблений стартап проект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Columbine High School massacre [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Columbine_High_School_massacre.
2. 2011 Norway attacks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/2011_Norway_attacks.
3. 2015 Sousse attacks [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/2015_Sousse_attacks.
4. Charlie Hebdo shooting [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Charlie_Hebdo_shooting.
5. Garissa University College attack [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Garissa_University_College_attack.
6. Number of murder victims in the United States in 2017, by weapon [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.statista.com/statistics/195325/murder-victims-in-the-us-by-weapon-used/>.
7. Gun Violence Archive 2018 [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gunviolencearchive.org/>.
8. Homicide counts and rates (2000-2015) [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://data.unodc.org/#state:0>.
9. BSIA. British Security Industry Authority (BSIA) Survey – London: British Security Industry Association, 2013.
10. Glowacz A. Visual detection of knives in security application using active appearance models / A. Glowacz, M. Kmiec, A. Dziech. // Multimedia Tools and Applications. – 2015. – №74. – С. 4253–4267.
11. Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport Text with EEA relevance. // Official Journal of the European Union. – 2010. – №207. – С. 1–13.
12. Форсайт Д. Компьютерное зрение. Современный подход.: пер. с англ. / Д. Форсайт, Ж. Понс. – Москва: "Вильямс", 2004. – 928 с.

13. Thakor N. Applications of adaptive filtering to ECG analysis: noise cancellation and arrhythmia detection / N. Thakor, Z. Sheng. // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1991. – №38. – С. 785–793.
14. Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing / Stephane Mallat. – Orlando, FL, USA: Academic Press, 1999. – 620 с.
15. Shapiro L. Computer Vision / L. Shapiro, G. Stockman., 2001. – 348 с.
16. Fleet D. Optical Flow Estimation / D. Fleet, Y. Weiss. // Handbook of Mathematical Models in Computer Vision. – 2006. – С. 237–257.
17. Robert cross [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Roberts_cross.
18. Sobel operator [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Sobel_operator.
19. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection / Canny. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – №8. – С. 679–698.
20. Jang D. Car-Rec: A real time car recognition system / D. Jang, M. Turk. // Proceeding WACV '11 Proceedings of the 2011 IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV). – 2011. – С. 599–605.
21. Marbach G. An image processing technique for fire detection in video images / G. Marbach, M. Loepfe, T. Brupbacher. // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2006. – №41. – С. 285–289.
22. Chen C. Silhouette representation and matching for 3D pose discrimination – A comparative study / C. Chen, Y. Zhuang, J. Xiao. // Image and Vision Computing. – 2010. – №28. – С. 654–667.
23. Lo B. Automatic congestion detection system for underground platforms / B. Lo, S. Velastin. // Proceedings of 2001 International Symposium on Conference: Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing. – 2001. – С. 158 – 161.
24. Dever J. Automatic visual recognition of armed robbery / J. Dever, N. da Vitoria Lobo, M. Shah. // Object recognition supported by user interaction for service robots. – 2002. – №4. – С. 78–83.

25. Can CCTV Reliably Detect Gun Crime? / I.Darker, A. Gale, L. Ward, A. Blechko. // 2007 41st Annual IEEE International Carnahan Conference on Security Technology. – 2007. – C. 264 – 271.

26. Blechko A. Skills in detecting gun carrying from CCTV / A. Blechko, I. Darker, A. Gale. // 2008 42nd Annual IEEE International Carnahan Conference on Security Technology. – 2008. – C. 265 – 271.

27. Darker I. CCTV as an automated sensor for firearms detection: human-derived performance as a precursor to automatic recognition / I. Darker, A. Gale, A. Blechko. // Proceedings on Unmanned/Unattended Sensors and Sensor Networks V; 71120V (2008). – 2008. – №7112. – C. 1–12.

28. Barros H. FISVER: A Framework for Smart Public Safety in Video-Surveilled Vehicles / H. Barros, A. Nato. // 3rd International Workshop on ADVANCES in ICT Infrastructures and Services. – 2014. – C. 221–225.

29. Li Y. A microwave measurement system for metallic object detection using swept-frequency radar / Y. Li, N. Bowring, N. Rezgui. // In Proceedings of the Millimetre Wave and Terahertz Sensors and Technology. – 2008. – C. 13–16.

30. Maher R. Modeling and Signal Processing of Acoustic Gunshot Recordings / Maher. // In Proceedings of the Digital Signal Processing Workshop, 12th—Signal Processing Education Workshop. – 2006. – C. 257–261.

31. Chacon-Rodriguez A. Evaluation of Gunshot Detection Algorithms / A. Chacon-Rodriguez, P. Julian, L. Castro. // IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers. – 2011. – №58. – C. 363–373.

32. Malagon L. Object detection using image reconstruction with PCA / L. Malagon, O. Fuentes. // Image and Vision Computing. – 2009. – №27. – C. 2–9.

33. Detecting Objects in Images [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <http://luthuli.cs.uiuc.edu/~daf/cv2e-site/detectingextracts.pdf>.

34. Baran R. The efficient real-and non-real-time make and model recognition of cars / R. Baran, A. Glowacz, A. Matiolanski. // Multimedia Tools and Applications. – 2013. – №74. – C. 4269–4288.

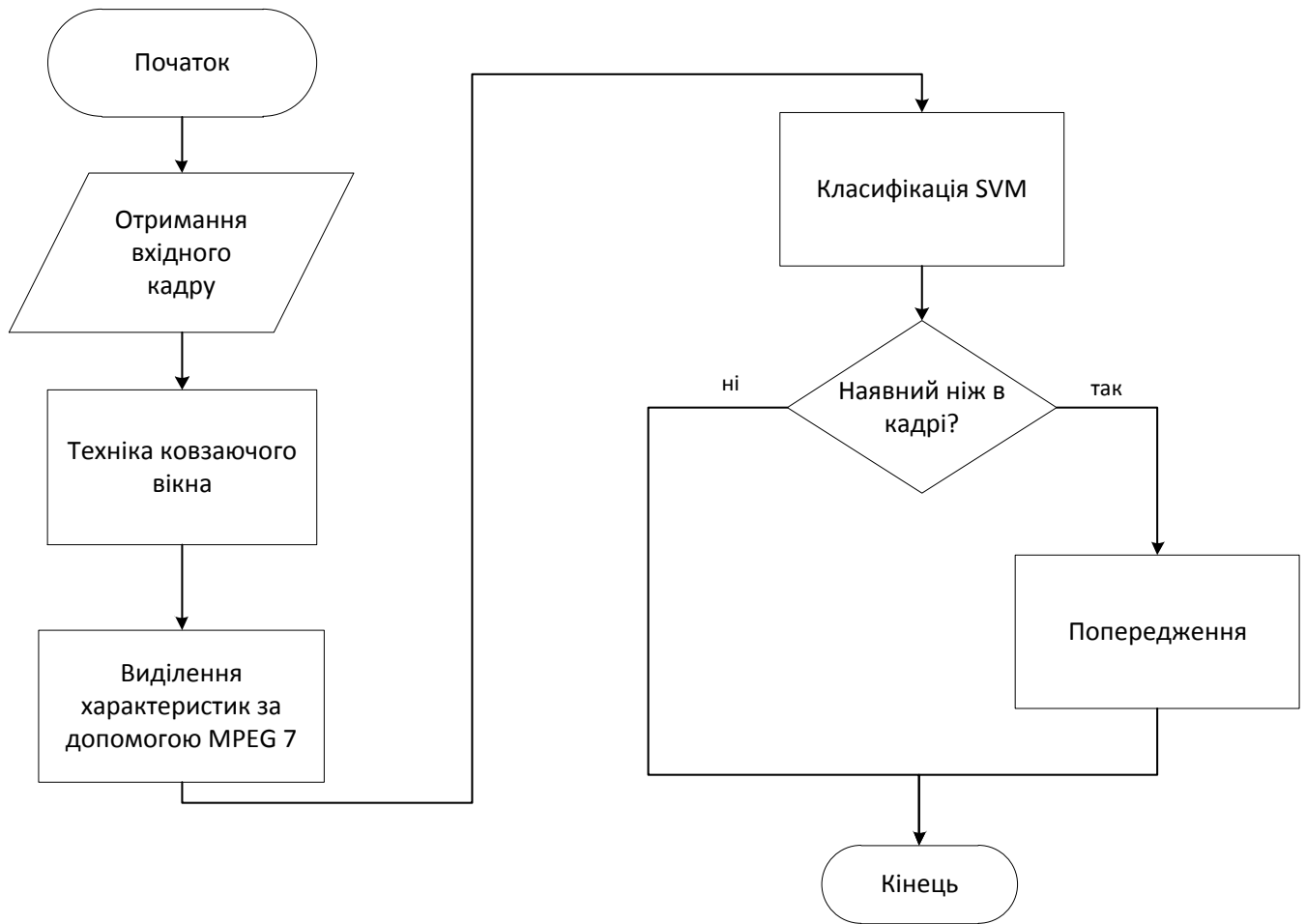
35. Park D. Efficient use of local edge histogram descriptor / D. Park, Y. Jeon, C. Won. // In Proceedings of the 2000 ACM workshops on Multimedia. – 2000. – С. 51–54.
36. Ro Y. MPEG-7 Homogeneous Texture Descriptor / Y. Ro, M. Kim, H. Kang. // ETRI Journal. – 2001. – №23. – С. 41–51.
37. Manjunath B. Introduction to MPEG-7, Multimedia Content Description Interface / Manjunath. – Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons, Ltd., 2002.
38. Sikora T. The MPEG-7 visual standard for content description-an overview / Sikora. // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. – 2001. – №11. – С. 696–702.
39. Scholkopf B. New Support Vector Algorithms / B. Scholkopf, A. J. Smola, R. C. Williamson. // Neural Computation. – 2000. – №12. – С. 1207–1245.
40. Canny J. A Computational Approach to Edge Detection / Canny. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – №8. – С. 679–698.
41. Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space / Pearson. // Philosophical Magazine and Journal of Science. – 1901. – №6. – С. 559–572.
42. Knife Image Database [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://kt.agh.edu.pl/matiolanski/KnivesImagesDatabase/>.
43. Khajone B. ConcealedWeapon Detection Using Image Processing / B. Khajone, V. Shandilya. // International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2012. – №3. – С. 1–4.
44. Maksimova A. Knife Detection Scheme Based on Possibilistic Shell Clustering / Maksimova. // Multimedia Communications, Services and Security. – 2013. – С. 144–152.
45. UML diagrams [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.uml-diagrams.org/>.
46. Python [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Python_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Python_(programming_language)).
47. OpenCV [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://opencv.org/>.

48. C++ MPEG-7 Library [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
<http://mpeg7.joanneum.at/>.

Grega M. Automated Detection of Firearms and Knives in a CCTV Image / M. Grega, A. Matiolanski, P. Guzik. // Sensors. – 2016. – №16. – С. 1–47.

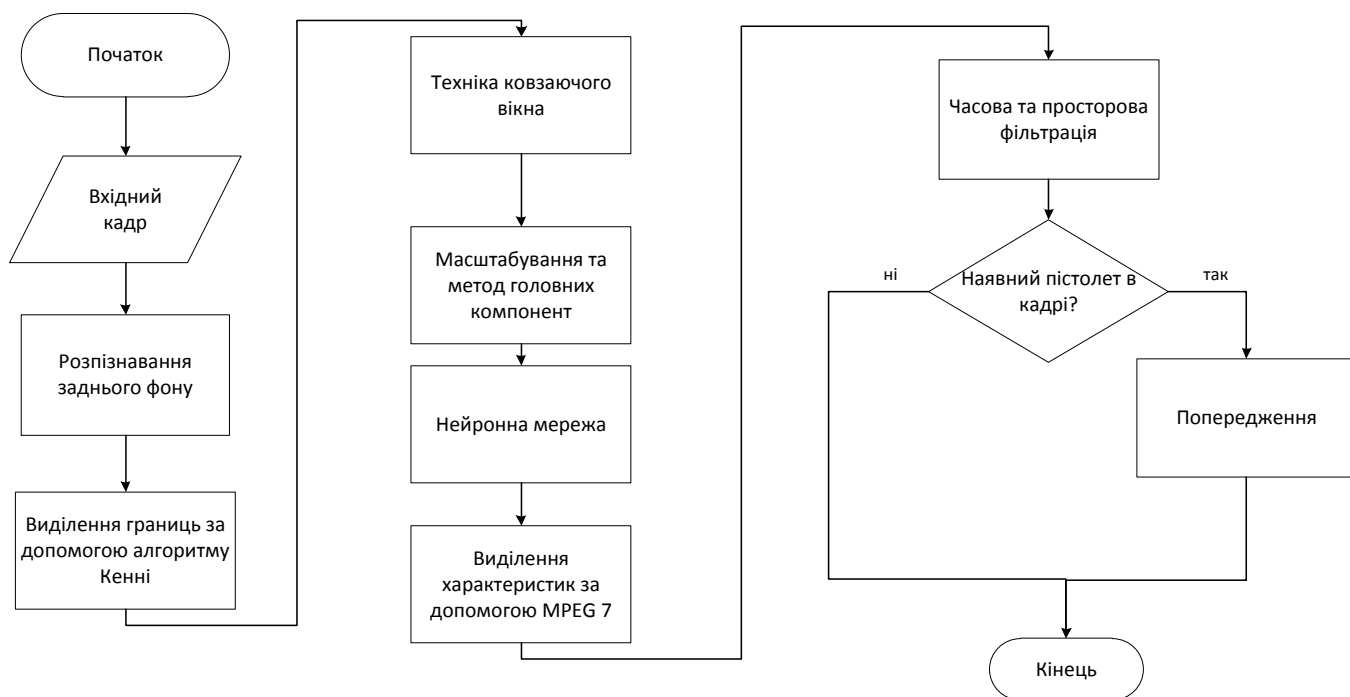
ДОДАТОК А

Алгоритм розпізнавання ножів



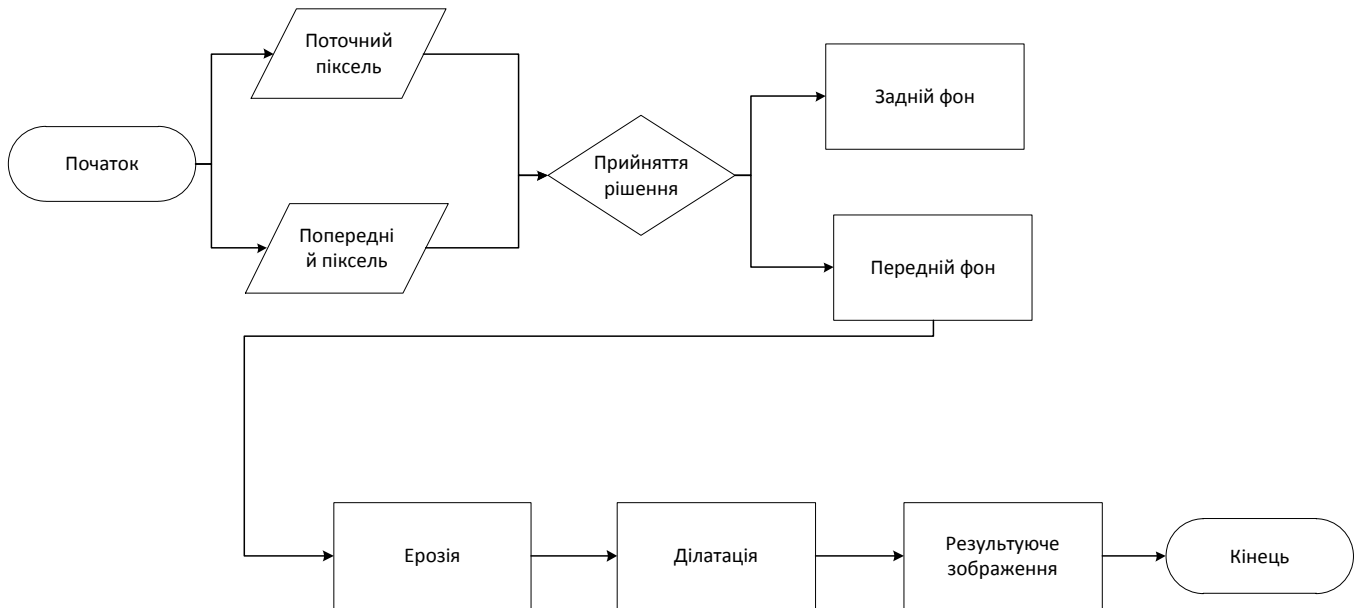
ДОДАТОК Б

Алгоритм розпізнавання пістолетів



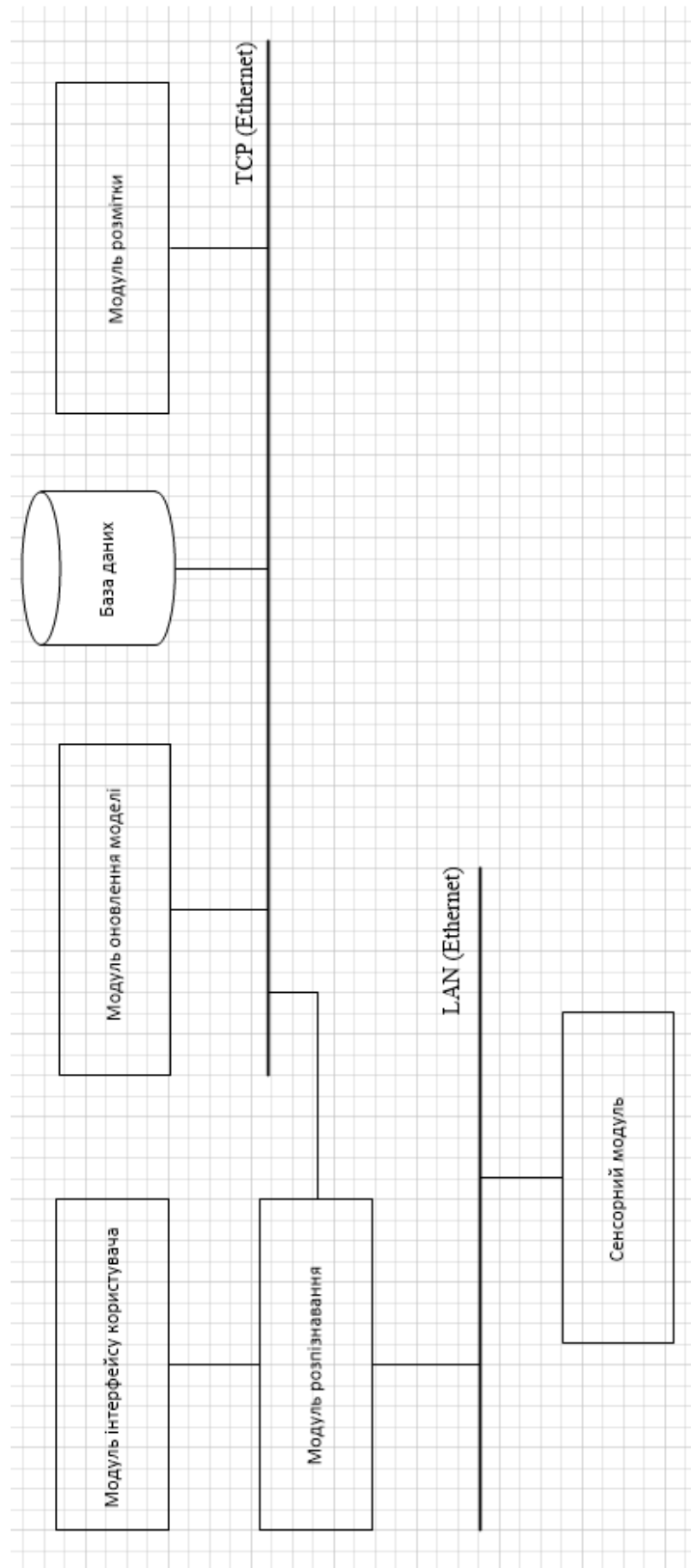
ДОДАТОК В

Алгоритм виділення фону



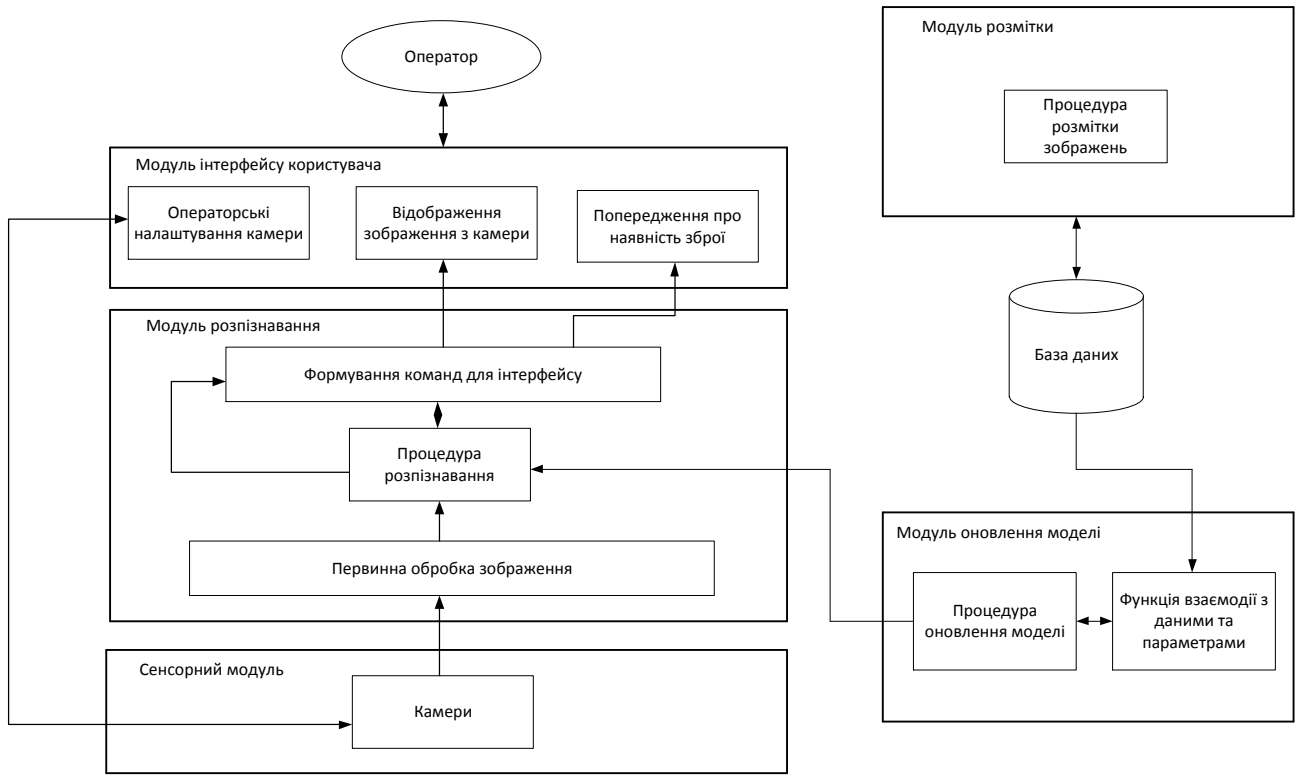
ДОДАТОК Г

Структурна схема системи



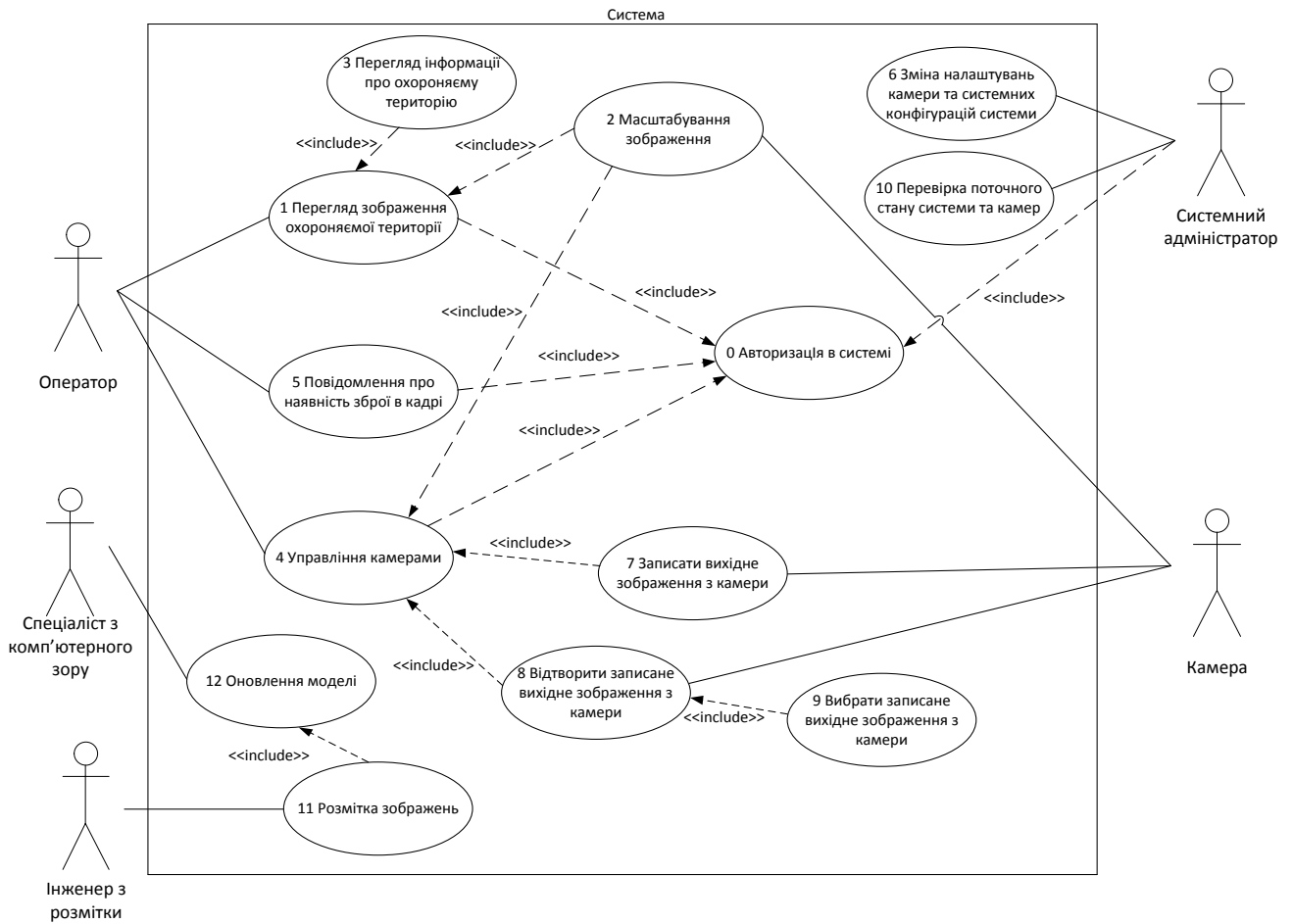
ДОДАТОК Д

Функціональна схема системи



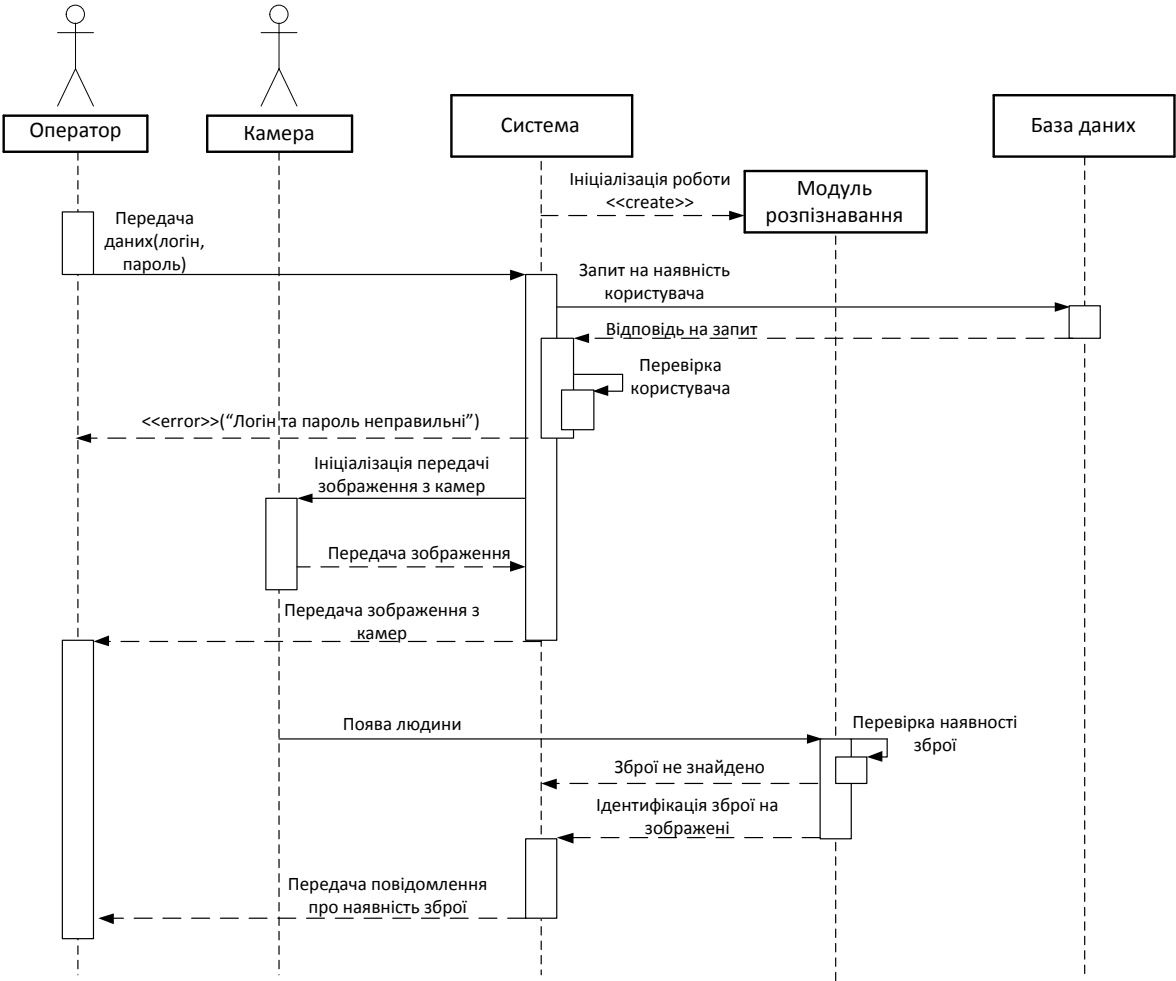
ДОДАТОК Е

Діаграма сценаріїв використання



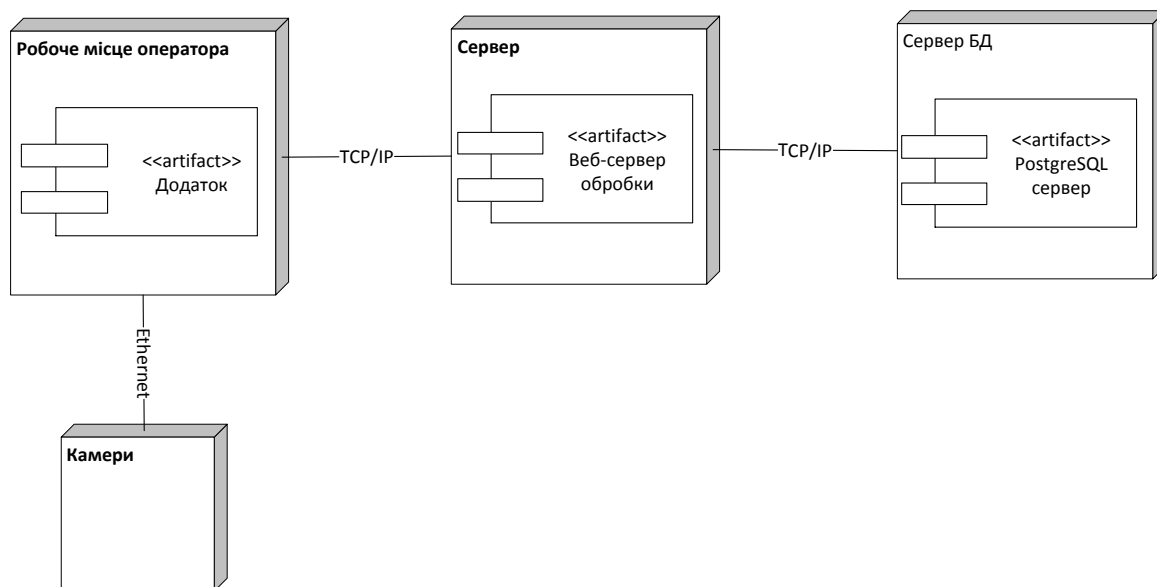
ДОДАТОК Ж

Діаграма послідовності



ДОДАТОК К

Діаграма розгортання



ДОДАТОК Л



ТОВ «СОФТ Ю АП»
Тел.: +38 (050) 155-40-44
www.softuup.com
office@softuup.com

м. Київ

16 листопада 2018 р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

Дослідження, проведені в магістерській дисертації Лісового Владислава Юрійовича на тему «Система розпізнавання зброї для камер відеоспостереження на основі методів комп'ютерного зору» були використані при розробці інтелектуальної автоматизованої охоронної системи спостереження «Візор», яка буде впроваджена в промислову експлуатацію.

Цей документ не є підставою для фінансових розрахунків.

Директор ТОВ «СОФТ Ю АП»



Гловацький О.О.